

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

DISSERTAÇÃO

**Desempenho Agroecômico de um Módulo de
Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças com
Foco no Balanço de Nitrogênio**

Laiz de Oliveira Silva

2019



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

**DESEMPENHO AGROECÔNOMICO DE UM MÓDULO DE CULTIVO
ORGÂNICO DIVERSIFICADO DE HORTALIÇAS COM FOCO NO
BALANÇO DE NITROGÊNIO**

LAIZ DE OLIVEIRA SILVA

Sob a Orientação do Pesquisador
José Guilherme Marinho Guerra

e Co-orientação do Professor
Ednaldo da Silva Araújo

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Agroecologia.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2019

S589d Silva, Laiz de Oliveira, 1994-
Desempenho Agroecômico de um Módulo de Cultivo
Orgânico Diversificado de Hortaliças com Foco no Balanço
de Nitrogênio / Laiz de Oliveira Silva. - Seropédica,
2019.
64 f.: il.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.
Coorientador: Ednaldo da Silva Araújo.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, 2019.

1. Volatilização de amônia. 2. Balanço de Nutrientes.
3. Sistemas diversificados. 4. Agroecologia. I.
Guerra, José Guilherme Marinho, 1958-, orient. II.
Araújo, Ednaldo da Silva, 1974-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. IV. Título.

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

LAIZ DE OLIVEIRA SILVA

Dissertação requerida como requisito parcial para a obtenção de grau de **Mestra em Fitotecnia** no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Agroecologia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 26/02/2019

Ednaldo da Silva Araújo – Dr. Embrapa Agrobiologia
(Co – Orientador)

Antônio de Almeida Nobre Junior – Prof. Dr. Universidade de Brasília

Marcos Bacis Ceddia – Prof. Dr. UFRRJ

Ao povo brasileiro que financia a Universidade pública e gratuita da qual fui beneficiária, em especial aos pequenos agricultores e agricultoras, que os frutos dos conhecimentos dessa pesquisa possam beneficiar a todos.

Ofereço!

Ao professor, orientador e amigo Raul de Lucena Duarte Ribeiro que fisicamente não se faz presente em nosso plano, mas que vive em cada um de nós, em cada folha da fazendinha e em cada gota de suor derramada por quem luta pela busca de uma agricultura alternativa e digna.

*Me disseram que você nunca quis escrever um livro, você sabia que tinha outras formas de deixar sua marca, cada diálogo, cada aula, cada olhar, cada orientação, tudo carregava suas ideias, hoje me sinto honrada de poder dizer que nas entrelinhas dessa dissertação tem muito do que aprendi com você e com pessoas que aprenderam contigo. Continuaremos sua luta. Obrigada por tudo e esse trabalho a ti **dedico**.*

AGRADECIMENTOS

Agradecer deveria ser fácil, mas na prática é muito difícil. É difícil pois não tem como eu pensar isoladamente nos dois últimos anos, citar nomes e agradecer essas pessoas. A Laiz que está terminando esse ciclo foi se completando ano após ano desde o dia em que nasceu. Minhas conquistas nunca serão individuais, não existe meritocracia quando se vive em sociedade, pensar o contrário, é egoísmo.

Óbvio, alguns nomes precisam ser citados, talvez não os nomes mais importantes da minha formação apareçam, mas que os que aqui estejam, representem todos.

Agradeço profundamente aos meus pais, Gilmar e Jailda, minha irmã Lara e todos que se fizeram família por onde passei, especialmente o irmão que a vida permitiu que eu escolhesse, Ernandes. Aos que acreditaram em mim, torceram e colaboraram com minha educação, financeira e emocionalmente. Agradeço com muito carinho ao meu companheiro, que se mostrou presente e paciente nos últimos seis anos, que apoiou e apoia minhas decisões. Todos meus confusos sentimentos eu compartilhei com Afonso, hoje essa conquista também é dele.

Agradeço à Universidade que eu escolhi e me acolheu tão bem, 1/3 da minha vida está na UFRRJ. Todas as demais instituições que passei, todas públicas, financiadas pelo suor do povo brasileiro, não tenho palavras para expressar todo meu carinho e gratidão. Estendo esse sentimento à Embrapa Agrobiologia, outro órgão público ao qual tenho orgulho de ter passado, por tudo que me foi oferecido.

Aos meus orientadores, Raul de Lucena (*in memoriam*), José Guilherme, Ednaldo e todos os demais ao longo da vida acadêmica, guiando, ensinando-me enquanto professores, sendo amigos e compartilhando o maior bem que possuem, o conhecimento.

Ao PPGF e todos os colegas de turma, que se tornaram importantes amigos, e a todos os amigos e companheiros da Fazendinha Agroecológica Km 47. À banca avaliadora por toda colaboração e sugestões.

À todos os demais amigos, de distintos grupos, que ao longo dos meus 24 anos me deram força e compartilharam comigo os mais sublimes sentimentos.

À CNPq e FAPERJ pelo financiamento dos projetos ligados a minha pesquisa e especialmente à CAPES, que fomentou minha pós graduação e proporcionou-me a oportunidade de pertencer ao seletivo grupo de MULHERES com pós-graduação no Brasil.

GRATIDÃO !

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

O RIO E O OCEANO

Osho

"Dizem que antes de um rio entrar no mar, ele treme de medo. Olha para trás, para toda a jornada que percorreu, para os cumes, as montanhas, para o longo caminho sinuoso que trilhou através de florestas e povoados, e vê à sua frente um oceano tão vasto, que entrar nele nada mais é do que desaparecer para sempre. Mas não há outra maneira. O rio não pode voltar. Ninguém pode voltar. Voltar é impossível na existência. O rio precisa de se arriscar e entrar no oceano. E somente quando ele entrar no oceano é que o medo desaparece, porque apenas então o rio saberá que não se trata de desaparecer no oceano, mas de tornar-se oceano.

BIOGRAFIA

LAIZ DE OLIVEIRA SILVA, filha de Gilmar Gonzaga de Oliveira e Jilda Ferreira da Silva Gonzaga, nasceu em sete de setembro de 1994 na cidade de Anápolis-GO. Passou pelas seguintes instituições durante sua formação fundamental, Escola Municipal Maria Catarina de Freitas e Colégio Estadual Silvio de Castro Ribeiro, respectivamente, na cidade de Jaraguá-GO. Em 2011 concluiu o curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, na cidade de Ceres-GO, instituição onde foi bolsista CNPq/PIBIC-EM. Graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) no ano de 2016. Durante a graduação foi bolsista CNPq nas modalidades ITI-A e PIBIC. Em 2017 ingressou no Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, fomentada com bolsa CAPES, sob orientação do Dr. José Guilherme Marinho Guerra e coorientação do Dr. Ednaldo da Silva Araújo, com defesa em fevereiro de 2019.

RESUMO

SILVA, Laiz de Oliveira. **Desempenho Agroeconômico de um Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças com Foco no Balanço de Nitrogênio**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2019.

A agricultura alcançou um patamar de desenvolvimento que a coloca em uma linha tênue entre os benefícios gerados pela evolução e os malefícios causados pela intensidade da exploração dos recursos naturais e sociais. Surge então o interesse por parte de consumidores, produtores e técnicos em se produzir de forma menos impactante, almejando produtos de qualidade, que carreguem em sua trajetória produtiva conceitos sustentáveis. Buscando atender as exigências desse novo mercado, com base na sustentabilidade social, ambiental e econômica, além de parâmetros científicos de avaliação de qualidade, foi implementado na Fazendinha Agroecológica em 2010, um experimento de longa duração chamado de Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, com a hipótese de que um cultivo orgânico intensivo de hortaliças é sustentável em condições edafoclimáticas da Baixada fluminense, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Índices agroeconômicos e balanços nutricionais foram gerados a cada ano agrícola e através das observações dos resultados foi levantada a hipótese de que não haveria grandes perdas de nitrogênio (N), nutriente dinâmico fundamental para a viabilidade em manejos de bases agroecológicas. No intento de avaliar as perdas gasosas de N e gerar resultados científicos inéditos no âmbito dos sistemas orgânicos de produção iniciou-se um estudo das perdas gasosas de N-NH₃ na área de exploração de hortaliças do Módulo de cultivo, no ciclo agrícola de 2018/2019. As ferramentas de pesquisa empregadas foram: a) monitoramento das entradas e saídas de insumos, colheitas e trabalho do sistema de produção; b) estudo da volatilização de N-NH₃ com o uso de câmaras denominadas SALE (semiaberta livre estática); c) análise da variabilidade temporal/espacial da fertilidade e volatilização através de técnicas geoestatísticas. O sistema mostrou-se monetariamente viável caso a comercialização da produção anual (15.673,27 kg de alimentos), ocorra em feira do Circuito Carioca de Feiras Orgânicas e no mercado institucional, pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Em um cenário de comercialização no mercado convencional (CEASA/RJ), mesmo quando o custo-benefício assume valor maior que 1, considerado rentável, a receita mensal é baixa, reforçando a importância da sensibilização do mercado consumidor, da diversificação dos canais de comercialização e da organização social dos agricultores como formas de garantir preços justos. É premente a necessidade de pesquisas para o desenvolvimento tecnológico de insumos e práticas de manejo alternativos, com baixo custo, repercutindo no aumento da lucratividade da atividade olerícola. A perda de N-NH₃ encontrada pode ser considerada insignificante quando comparada com o uso de fertilizações minerais, enquanto a taxa de perda do nitrogênio aplicado foi de aproximadamente 3% no Módulo de cultivo, em ensaios experimentais com ureia, também em solos arenosos, apontam perdas de até 67,9%. Vale ressaltar que além de ser um experimento que tende para o equilíbrio o manejo adotado pelo Módulo de cultivo almeja práticas conservacionistas, com grande incorporação de matéria orgânica ao solo e uso de fertilizantes que agreguem benefícios maiores que apenas a fertilidade do solo.

Palavras-chave: volatilização de amônia, balanço de nutrientes, sistemas diversificados, agroecologia.

ABSTRACT

SILVA, Laiz de Oliveira. **Agroeconomic Performance of a Diversified Organic Vegetable Cultivation Module with Focus on Nitrogen Balance**. 2019. 66 f. Dissertation (Masters in Phytotechnology). Institute of Agronomy, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2019.

Agriculture has reached high levels of development with a fine line between the benefits and the harm caused by the intensity of exploitation of natural and social resources. Therefore, the interest of consumers, producers and technicians has emerged for production of quality products with less environmental impact, that carry sustainable concepts in their productive trajectory. In order to meet the demand of this new market based on sustainability and scientific parameters of quality, an experiment was implemented in 2010 at Fazendinha Agroecológica Km 47. The long-term experiment called the Module of Diversified Cultivation of Organic Vegetables tested the hypothesis that an intensive organic crop of vegetables is sustainable under edaphoclimatic conditions of Baixada Fluminense, in the State of Rio de Janeiro, Brazil. Agroeconomic indexes and nutritional balances were generated and observed every agricultural year. The results suggested that there would be no great losses of nitrogen (N), a fundamental nutrient for viability in agroecological crop management. In the attempt to evaluate the gaseous losses of N and to generate unpublished scientific results in the scope of the organic systems of production, a study of the gaseous losses of N-NH₃ in the area of greater cultivation of vegetables of the Cultivation Module was initiated, in the agricultural cycle of 2018/2019. The research tools employed were: a) monitoring inputs and outputs of agricultural inputs, harvests and production system work; b) study of the volatilization of N-NH₃ with the use of chambers called SALE (semi-opened static chamber); c) analysis of temporal/spatial variability of fertility and volatilization through geostatistical techniques. The organic production system was monetarily feasible if the annual production (15673.27 kg of food) was sold at the Carioca Fair of Organic Fairs and in the institutional market by the National School Feeding Program (PNAE). In a commercial market scenario (CEASA / RJ), even when the cost-benefit assumes a value greater than 1, which is considered profitable, the monthly revenue is low. This reinforces the importance of consumer awareness, diversification of marketing channels and the social organization of farmers as ways of guaranteeing fair prices. There is an urgent need to research on the technological development of agricultural inputs and alternative management practices with low cost that will increase the profitability on olericulture. The loss of N-NH₃ found can be considered insignificant when compared to the use of mineral fertilizers. In the cultivation module the nitrogen loss rate was slightly more than 3%, while in experimental trials with urea, also in sandy soils, indicate losses of up to 67.9%. It is worth mentioning that in addition to being an experiment that tends towards the natural balance, the management adopted by the Cultivation Module aims at conservation practices, with great incorporation of organic matter in the soil and use of fertilizers that add greater benefits than only soil fertility.

Keywords: agroeconomic analysis, ammonia volatilization, nutrient balance, diversified systems.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Modelo de semivariograma típico e seus componentes..... 8
- Figura 2.** Dados climáticos do período de janeiro de 2018 a janeiro de 2019 provenientes da estação meteorológica localizada na estação experimental da Pesagro/Rio, Seropédica/RJ. .. 10
- Figura 3.** Foto aérea (direita) destacando em vermelho o Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças e organização espacial (esquerda) sendo as áreas principais: A1 = 192,5 m², A2= 45m², A3= 37,5m², A4=112,5m², A5= 35m²;T1 e T2= 175m² cada, Policultivo = 2502m², Bancos de Gliricídia=1481m², Capineira= 894,03m², Faixas: 1=60m², 2=212m², 3=212m², 4=212m², 5=156m², 6=156m², 7=106m²; Seropédica/RJ, 2018..... 11
- Figura 4.** Produção de biomassa no ciclo de primavera/verão nos telados (A) e policultivo (B) do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018..... 12
- Figura 5.** Cultivos comerciais de outono/inverno nos telados (A) e policultivo (B) do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018. 12
- Figura 6.** Irrigação por gotejamento usada nos telados e policultivo (A); Irrigação por aspersão convencional, usada em cultivos de verão (B); Composto orgânico de origem estritamente vegetal estabilizado (C); do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018 15
- Figura 7.** Pontos de coleta georreferenciadas em um grid quadrado do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas com destaque ao *GRID* reduzido de avaliação da volatilização de N-NH₃ (adaptado de Pian, 2016)..... 16
- Figura 8.** (A) Esquema do sistema coletor de N-NH₃ semiaberto livre estático “SALE” (Araújo et al. 2009), (B) Coletor SALE no campo, no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018..... 17
- Figura 9.** Sazonalidade da produção, no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018/19..... 21
- Figura 10. Distribuição espacial relativa da área ocupada pelas culturas comerciais, no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018/19..... 23
- Figura 11.** Custos mensais relativos à força de trabalho e à mecanização no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018/19..... 26
- Figura 12.** Evolução do preço dos combustíveis no Brasil nos últimos cinco anos (2012/2018). **Fonte:** Dados compilados de ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2019. 29
- Figura 13.** Receita bruta mensal proveniente da produção do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças nos diferentes cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018..... 30
- Figura 14** Semivariogramas Experimentais ajustados para análises de fertilidade do solo dos nutrientes P, K, Ca, Mg e pH, do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018. 41

Figura 15. Mapa da variabilidade espacial dos níveis de pH do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças	42
Figura 16. Mapa da variabilidade espacial dos níveis de fósforo do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.	43
Figura 17. Mapa da variabilidade espacial dos níveis de potássio do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças	44
Figura 18 Mapa da variabilidade espacial dos níveis de cálcio e magnésio (respectivamente) do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças	45
Figura 19. Acumulação semanal do N-NH ₃ volatilizado (g.m ⁻¹) por canteiro no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças	46
Figura 20. Relação da volatilização acumulada semanal (N-NH ₃) com a temperatura média semanal (°C) e a precipitação acumulada semanal (mm), respectivamente, durante as 16 coletas, sendo a média dos cinco canteiros monitorados, no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.	48
Figura 21. Semivariogramas Experimentais, das coletas de 1 a 9, de vol. de N-NH ₃ do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.....	50
Figura 22. Semivariogramas Experimentais, das coletas de 10 a 16, soma e média, de vol. de N-NH ₃ no Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.	51
Figura 23 Variabilidade espacial da volatilização de N-NH ₃ das coletas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 13, 14, média e soma, respectivamente no Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	11
Tabela 2. Cultivos presentes no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças e suas funcionalidades no sistema, Seropédica/RJ, 2018.....	12
Tabela 3. Desempenho agrônômico de espécies cultivadas no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças comparadas à produtividade média do estado do Rio de Janeiro Seropédica/RJ, 2018/19.....	21
Tabela 4. Custos fixos para implantação do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	24
Tabela 5. Custos variáveis do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças durante o ano agrícola 2017/2018, Seropédica/RJ, 2018/19.....	25
Tabela 6. Detalhamento dos custos com mão de obra e mecanização empregados no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	27
Tabela 7. Insumos utilizados no ano agrícola 2017/2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	28
Tabela 8. Custos anuais em reais (R\$) para a comercialização da produção do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças nos diferentes mercados, Seropédica/RJ, 2018.....	29
Tabela 9. Detalhamento da colheita e receita bruta por cultura do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	31
Tabela 10. Parâmetros econômicos do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças em três cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018.....	33
Tabela 11. Parâmetros econômicos do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças sem o valor da remuneração da mão de obra familiar e da depreciação, em três cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018.....	34
Tabela 12. Parâmetros econômicos do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças com o valor do INSS e sem o valor da remuneração da mão de obra e custo de depreciação, em três cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018.....	35
Tabela 13. Umidade, análise elementar e consumo de fertilizantes utilizados no agrícola 2018/2019 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	36
Tabela 14. Entradas de nutrientes através das fontes de adubação utilizadas no agrícola 2018/19 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ.....	36
Tabela 15. Umidade e análise elementar das espécies cultivadas no ano agrícola 2017/2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças. Adaptado de Silva (2018).....	37

Tabela 16. Exportação de N, P, K, Ca e Mg pelos cultivos no ano agrícola 2018/19 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	38
Tabela 18. Balanço parcial de nutrientes do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.....	39
Tabela 17. Estatística descritiva dos atributos de solo avaliados na primeira coleta de 2015, no Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Sustentabilidade em Sistemas de Produção Agrícolas	3
2.2 O Nitrogênio nos Sistemas de Produção	3
2.3 Adubos Nitrogenados <i>versus</i> Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	4
2.5 Indicadores Usados na Avaliação de Sistemas Diversificados	6
2.6 Balanço Parcial de Nutrientes.....	7
2.7 Variabilidade Espacial, Temporal e Geoestatística	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Caracterização da Área de Estudo	10
3.2 Manejo do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças.....	12
3.3 Georreferenciamento	15
3.4 Coleta do N-NH ₃ Volatilizado nos Canteiros do Policultivo	16
3.5 Levantamento de Dados e Análise de Viabilidade Agroeconômica do Módulo.....	18
3.6 Análises Químicas de Solo, Fertilizantes, Tecido Vegetal e Conversões	19
3.7 Análises Estatística e Geoestatística.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Análise Agroeconômica do Módulo de Cultivo	20
4.1.1 Produção e Produtividade	20
4.1.2 Custos fixos e variáveis	23
4.1.3 Receitas Bruta, Líquida e Viabilidade Financeira nos Diferentes Cenários de Comercialização	28
4.2 Balanço Parcial de Nutrientes.....	35
4.2.1 Entradas de nutrientes (<i>inputs</i>)	36
4.2.2 Exportação de nutrientes das culturas colhidas (<i>output</i>)	37
4.3 Balanço de Nutrientes.....	39
4.4 Fertilidade dos solos	40
4.5 Volatilização de amônia	45
4.5.1 Estatística descritiva e Geoestatística da volatilização de N	49
4.5.2 Distribuição espacial da volatilização	52
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	56
7 REFERÊNCIAS	57
ANEXO 1	64

1 INTRODUÇÃO

A agricultura nasce com a fixação do homem na terra, deixando de lado hábitos nômades e desenvolvendo técnicas de produção, ferramentas e passando por gerações o conhecimento gerado. Desde a Revolução Industrial, com os sistemas socioeconômicos consolidados e o crescimento exponencial da população surge a preocupação com a demanda de alimentos e a exploração desenfreada dos recursos naturais buscando suprir essa necessidade.

Contrário a essa visão, produtos advindos de agriculturas conhecidas pelo cunho sustentável têm ganhado apreciação no mercado, uma vez que os consumidores, na busca por hábitos saudáveis, tem valorizado produtos livres de agrotóxicos e transgênicos.

Assim tem-se observado que a ciência que tem como norte a forma analítica de se desenvolver, perde espaço para a forma contemporânea de se entender e estudar os fenômenos com a ideia de sistema, que tem como premissa que não se deve estudar uma organização como um aglomerado de partes, mas sim dando importância no estudo do todo (COSTA, 2017).

Para Gliessman (2001) o conceito de agroecossistema proporciona uma estrutura com a qual podemos analisar os sistemas de produção de alimentos como um todo, incluindo seus conjuntos complexos de insumos, produção, comercialização e as interconexões entre as partes que os compõem. A agricultura agroecológica vem ganhando força, contudo vários ainda são os desafios para o estabelecimento da mesma, gerar e validar conhecimento de e para e com os pequenos agricultores, aumentar a produção e fornecer produtos orgânicos com menores custos para os consumidores (WEZEL; SOLDAT, 2009).

Considerando estas justificativas, um agroecossistema experimental de longa duração foi implantado em 2010 com a hipótese de que um sistema de cultivo orgânico intensivo de hortaliças, com uso de fertilização de origem vegetal, é sustentável em condições edafoclimáticas da baixada fluminense. A ideia foi cultivar hortaliças variadas, produzir *in situ* biomassa vegetal, usar para a fertilização fontes alternativas, através do uso de compostos fermentados e compostagem vegetal, além de priorizar agentes alternativos e biológicos para o controle fitossanitário; também, avaliar a sustentabilidade do sistema por intermédio de indicadores de viabilidade econômica, balanço de nutrientes, atributos químicos, dentre outros, monitorados por geoestatística, ao longo dos anos. Este agroecossistema evolui ao longo do tempo, aumentando sua diversidade e complexidade, exigindo que as formas de avaliação também evoluam e sejam aperfeiçoadas (MATA, 2012; MATA et al., 2016; PIAN, 2015; SILVA, 2018).

Surgiu então a necessidade de se entender os motivos do balanço global de nutrientes não se neutralizar, ficando negativo para alguns nutrientes e positivo para outros. No que tange ao balanço do nutriente nitrogênio, inicialmente eram encontrados valores negativos, mas com a mudança do manejo do solo em 2014 (PIAN, 2015), onde convencionou-se a incorporação da adubação de base, tais valores à partir de então, tendem a ser positivos. Na hipótese de que o nutriente nitrogênio está sendo perdido por lixiviação e por volatilização, em 2016, o sistema convencional de irrigação por aspersão foi substituído por sistema de irrigação localizada, via gotejamento, reduzindo a possibilidade de perdas por lixiviação. Buscando sanar dúvidas em relação ao que se perde surgiu a possibilidade de se realizar o estudo das perdas gasosas no Módulo de cultivo intensivo de hortaliças, sob as hipóteses de não haver perdas de NH_3 por volatilização e de o balanço parcial de N (ingresso via fertilização – exportação via colheitas) ser neutro no cultivo de hortaliças submetidas a fertilização vegetal com irrigação localizada e presença de cobertura morta.

O Nitrogênio (N) é um nutriente considerado como elemento-chave para a produtividade de todos os ecossistemas (CANTARELLA, 2007). Esse nutriente está presente

em vários compostos do metabolismo de plantas e animais, sendo vital para a manutenção de vida no planeta. Constituinte de grande parte da atmosfera (78%), o nitrogênio se encontra na forma de gases não prontamente disponíveis para serem sintetizados pelas plantas, (N_2 , NO_x) Dessa forma é necessário que, naturalmente ou não, esse nutriente seja fornecido para os componentes primários da cadeia alimentar, desencadeado o ciclo biogeoquímico de N e contribuindo para a produção de alimentos no planeta.

De forma natural, o nitrogênio entra nos sistemas de produção por deposições atmosféricas e em maior quantidade, através da fixação biológica de nitrogênio, processo biológico só não considerado mais importante que a própria fotossíntese, transformando o N_2 , não utilizável pela maioria dos microrganismos e plantas, na forma inorgânica combinada NH_3 e a partir daí, em formas reativas orgânicas e inorgânicas vitais em sistemas biológicos. Quando oferecido artificialmente, na forma de ureia, demanda grande quantidade energética para ser produzido, energia essa proveniente da queima de combustíveis fósseis, recurso limitado e considerado um problema ambiental, com a emissão de gases do efeito estufa. Seu uso encarece a produção, mas se faz necessário em cultivos onde não há simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e um manejo adequado de adubos orgânicos nitrogenados.

Depois de fixado ou disponibilizado, o nitrogênio está sujeito a perdas por volatilização, ação desencadeada por enzimas específicas, em certas condições climáticas (umidade e temperatura elevadas) e de solo (ambiente anaeróbico), onde o nitrogênio na forma de amônia (NH_3) retorna à atmosfera na forma de gás. Essa transformação ocorre principalmente pela ação da enzima *urease*, presente no solo e proveniente da síntese realizada por microrganismos e também deposição de restos vegetais (LANNA et al., 2010).

Com a demanda por alimentos se tornando cada vez maior, visto as estimativas de crescimento populacional futuras, é necessário otimizar os meios agroecológicos de produção, diminuindo as perdas e aumentando a eficiência dos recursos, a fim de, produzir alimentos para garantir a segurança alimentar de todos os povos.

A partir do exposto, objetivou-se com esse trabalho monitorar um módulo de cultivo orgânico intensivo de hortaliças, com uso de fertilizantes estritamente de origem vegetal, visando avaliar o balanço de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg); a variabilidade espacial dos nutrientes no solo e a relação financeira custo/benefício da produção de hortaliças.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sustentabilidade em Sistemas de Produção Agrícolas

Sustentabilidade pode ser definida 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 dos recursos produtivos às gerações futuras. Ou seja, está intimamente ligada a preservação ambiental, à responsabilidade social em consonância com a obtenção de resultados econômicos associados, a fim de assegurar a sustentabilidade e a igualdade entre as atuais e futuras gerações (NOLIN, 2010).

A agricultura convencional chega perto a um colapso em relação às ideias sustentáveis, para Gliessman (2001), tal agricultura se empenha em assegurar a maximização da produção e do lucro. Na busca das suas metas, práticas que não cuidam do meio ambiente e não consideram futuras consequências, baseadas no cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle químico de pragas e manipulação de espécies transgênicas .

Surge então a ideia das “agriculturas de base ecológica”. Modernamente, a produção orgânica nasce com Albert Howard, na Inglaterra, por volta dos anos de 1930; e, com em Jerome Irving Rodale, nos EUA, na década de 1940, e como uma proposta de manejo da unidade de produção agrícola que preconiza o cuidado com a natureza, com as pessoas e o conhecimento das interações solo-planta-ambiente, além de não empregar fontes sintéticas industriais e concentradas na fertilização do solo (CASTRO NETO et al., 2010). Além disso, deve-se salientar que o emprego de agentes químicos sintéticos que apresentam riscos ecotoxicológicos elevados no controle de espécies vegetais competidoras de ocorrência espontânea e no controle de pragas e doenças são excluídos no manejo orgânico.

Impulsionados pela demanda da sociedade, o consumo de alimentos produzidos pela agricultura orgânica tem apresentado incremento considerável tanto no nível nacional, quanto internacional, especialmente a partir da década de 1990 (COSTA, 2016). Países da América do Norte e Europa respondem por cerca de 90% do mercado consumidor mundial, o que torna a situação econômica desses países crucial para o desenvolvimento do setor, reflexo disso, foi a desaceleração no crescimento do volume movimentado pelo mercado de orgânicos em relação aos dados do período de 2004 a 2008, onde o crescimento foi de 75%, no espaço de quatro anos. Ademais, vislumbra-se a expansão do consumo de alimentos orgânicos em países como Brasil e China como algo estratégico e promissor (CORREIO DO ESTADO, 2014).

2.2 O Nitrogênio nos Sistemas de Produção

Por mais de 150 anos (desde o final do século XIX) o uso de fertilizantes tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento da agricultura,. Para Isherwood (2000) a contribuição exata dos fertilizantes minerais na produção agrícola é discutível, mas em qualquer caso dos milhões de experimentos de campo que foram conduzidos no mundo, sua influência na produtividade das culturas é claramente demonstrada.

O uso de adubos nitrogenados se expandiu com o avanço da chamada “Revolução Verde”, que representou o aprofundamento do uso de pacotes tecnológicos no âmbito agrícola, ao longo do século XX. Segundo Sagrilo et al., (2009) vários problemas decorrentes das práticas agrícolas relacionadas à Revolução Verde começaram a ocorrer já na década de 1970, degradando a capacidade produtiva dos solos, ocorrendo proliferação de pragas e doenças, atingindo a qualidade dos produtos obtidos e gerando um empobrecimento dos agricultores .

O nitrogênio é um elemento essencial para formação dos organismos vivos, ele é componente do RNA, DNA e proteínas, desta forma a sua disponibilidade assimilável é

fundamental para a continuidade da vida no planeta. Para o homem a única forma de obter nitrogênio é através de alimentos. O nitrogênio disponível biologicamente é aquele que está ligado a carbono, oxigênio ou hidrogênio e é conhecido como nitrogênio reativo (GARCIA et al., 2013). O mais paradoxal é que o nitrogênio é um abundante componente na atmosfera, presente na forma de N_2 , representando 78% dos gases da mesma, entretanto, a despeito dessa abundância, há escassez desse nutriente em formas disponíveis para as plantas, o que pode ser explicado pela extraordinária estabilidade do N_2 , que, ao contrário de outras moléculas diatômicas, como O_2 , NO ou CO , praticamente não é passível de reações químicas em condições naturais (SOUZA; FERNANDES, 2006).

O nitrogênio atmosférico é composto de dois átomos ligados por seis elétrons que formam a tripla ligação covalente ($N \equiv N$). A força de ligação é notavelmente elevada e a energia de dissociação é de 225,2 kcal/mol (OHLWEILER, 1971), fato que garante alta estabilidade para a molécula. O termo fixação utilizado neste texto tem origem na alquimia e seu significado em uma tradução livre significa “a conversão de um espírito volátil e móvel para uma forma corpórea”. Entende-se que a fixação do nitrogênio é um processo de transformar o gás N_2 em uma forma manipulável que pode ser, por exemplo, a amônia na forma líquida ou o sal NH_4NO_3 (LEIGH, 2004).

É importante destacar o impacto do uso desse nutriente no meio ambiente, Rockstrom et al., (2009) publicaram um trabalho levantando nove potenciais processos ambientais básicos que podem comprometer a saúde do planeta e a vida como atualmente está estabelecida, e para eles a agricultura moderna é uma das principais causas da poluição ambiental, sendo que a partir de processos humanos - principalmente a fabricação de fertilizantes para a produção de alimentos e o cultivo de leguminosas – são convertidos cerca de 120 milhões de toneladas de N_2 da atmosfera por ano em formas reativas - o que é mais do que os efeitos combinados de todos os processos terrestres. Grande parte deste “novo” nitrogênio reativo acaba no meio ambiente, poluindo águas e a zona costeira, acumulando nos sistemas terrestres e adicionando uma série de gases à atmosfera, promovendo lentamente a erosão da resiliência de importantes subsistemas da Terra.

Olhando para o lado econômico, Robertson e Grace (2004) descrevem o excesso do uso de fertilizantes, especialmente do nitrogenado, como um encarecedor na produção de biomassa, pois a síntese de amônia, por exemplo, requer alto investimento de energia fóssil e é destacado que, a produção do fertilizante, seu processamento e transporte, são vilões ambientais, uma vez que as emissões de gases de efeito estufa são acentuadas.

2.3 Adubos Nitrogenados versus Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A síntese e produção comercial da amônia são possivelmente os principais marcos da química no século XX. Em 1913, Haber e Bosch implantaram um processo industrial capaz de converter o N_2 gasoso em amônia. Este processo de fixação química de nitrogênio emprega ferro metálico como catalisador e depende de altas temperaturas (≈ 500 o C) e pressões (200-600 atm) para combinar N_2 e H_2 produzindo amônia (NH_3) em grande escala (LEIGH, 1998), para isso se faz uso da queima do petróleo para que haja o fornecimento da energia necessária nessas reações. Atualmente muitos países buscam alternativas ao uso de combustíveis fósseis para reduzir a dependência do petróleo e derivados (MONTI et al., 2007), diminuindo a emissão de gases agravantes do efeito estufa.

O ciclo do nitrogênio é desencadeado por uma sequência de reações de oxi-redução, intermediadas por microorganismos. Após seu ciclo de vida, as plantas são decompostas por organismos do solo que buscam energia. Nesse processo, denominado mineralização, o N orgânico, presente nos tecidos vegetais, é transformado em forma inorgânica, mais especificamente em amônio (NH_4), o qual pode ser transformado em nitrato (NO_3), pelo processo de nitrificação (MARTINELLI, 2007). Essas duas formas inorgânicas podem

retornar para os tecidos vegetais por absorção das plantas, porém podem ser perdidas ao meio, por lixiviação e volatilização. Alguns autores gostam de salientar que se não houvessem essas perdas não haveria a necessidade de incorporar mais N para a manutenção dos sistemas agrícolas, pois a constante reciclagem solo planta seria o suficiente para dar continuidade ao ciclo da vida vegetal.

Antes da descoberta e uso de fertilizantes sintéticos o principal meio pelo qual o N entrava pelo sistema era pelo processo de fixação biológica de nitrogênio, técnica de advento natural, mas que foi apenas comprovada por Hellriegel e Wilfhart em 1886 (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Para esses autores a fixação biológica de nitrogênio é o segundo processo biológico mais importante do mundo, ficando atrás apenas da fotossíntese. Cerca de 44 a 66 milhões de toneladas de N são fixadas anualmente por leguminosas de importância agrícola, o que representa metade do N utilizado na agricultura (GRAHAM e VANCE, 2003)

Os processos microbiológicos foram ganhando espaço e uso na agricultura a partir do resultado de pesquisas que mostraram suas funcionalidades no que se diz respeito ao aumento da produtividade e queda no custo de produção. No Brasil, na década de 1950 foram criados dois grandes centros de pesquisa em microbiologia, sendo o IPAGRO no Rio Grande do Sul e a EMBRAPA – Agrobiologia, em Seropédica (RJ), sendo essa última liderada na época pela jovem agrônoma Johanna Döbereiner que, em 1953 já publicava a ocorrência de *Azotobacter* em solos brasileiros.

A fixação biológica de N pode ser feita por vários organismos e em vários ambientes. Döbereiner (1989) aponta como “um mecanismo sofisticado” o processo simbiótico entre as plantas e as bactérias fixadoras. A fixação ocorre devido da capacidade de plantas (principalmente as pertencentes a família *Fabaceae*) de permitir a infecção das raízes por bactérias de diversos gêneros (*Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Blastobacter*, *Burkholderia*, *Devosia*, *Methylobacterium*, *Ochrobactrum*, *Ralstonia*.), e formar uma estrutura especializada, o nódulo. Freire et al., (2013) explica o processo da seguinte forma: “ A bactéria utiliza a resultante da fotossíntese da planta para, por meio de um sistema especializado de enzimas (nitrogenase) fixar o N₂ atmosférico transformando-o em NH₃, que é imediatamente transferido para fora do bacterioide (risóbio desenvolvido). No hospedeiro, o amônio é incorporado ao ácido glutâmico, formando glutamina, ureídeos e asparagina, que são transportados para todas as regiões da planta”.

Um bom exemplo de sucesso é o da simbiose soja (*Glycine max*) e bactérias fixadoras de N, segundo Hungria et al., (2007) essa leguminosa possui um teor elevado de proteínas nos grãos e, conseqüentemente, uma demanda elevada em N durante seu desenvolvimento, estimada em cerca de 80 kg de N para cada 1.000 kg de grãos produzidos. Dessa forma a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é crucial para que a soja brasileira seja competitiva no mercado externo, alcançando hoje o patamar de segundo maior produtor mundial (CONAB, 2017), diminuindo os custos de produção significativamente com o desuso de fertilizantes nitrogenados.

Não apenas as leguminosas (nome convencionalmente usado para as espécies da família *Fabaceae*) são capazes de se associar a bactérias fixadoras de nitrogênio, trabalhos pioneiros de Döbereiner & Ruschel (1958) apontaram a presença da bactéria *Beijerinckia fuminensis* na rizosfera da cana de açúcar e alguns anos depois a associação entre a *Azotobacter paspali* associada à rizosfera da *Paspalum notatum* (grama batatais) (Döbereiner, 1966) – ambas bactérias fixadoras de N₂. O estudo da associação entre gramíneas/bactérias fixadoras de nitrogênio avançam ano após ano e refletem positivamente na produção e indicadores econômicos.

É importante salientar que existe um gasto energético inicial da planta ao se associar com as bactérias fixadoras de N, podendo esse gasto ser maior do que o necessário para a absorção de fertilizantes nitrogenados, dessa forma é importante o estudo e aprimoramento

das tecnologias envolvidas com a FBN, para que ao optar pela inoculação de bactérias junto as culturas comerciais, o produtor esteja literalmente fazendo um bom negócio, além dos evidentes benefícios ao meio ambiente.

2.4. Perdas de Nitrogênio em Sistemas de Cultivo

Para Lanna et al., (2010) devido ao alto dinamismo do N na natureza, esse nutriente está sujeito a perdas, que facilmente alcançam índices superiores a 80 %. De todos os elementos que circulam no sistema solo-planta-atmosfera, o que sofre maior número de transformações bioquímicas no solo é o nitrogênio (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Basicamente ele é adicionado ao solo por fixação biológica principalmente, por descargas elétricas e fertilizantes industriais; a sua perda acontece de três formas nos sistemas agrícolas e podem causar poluição: perda de nitrato (NO_3^-) por lixiviação, volatilização de amônia (NH_3) e perda de óxido nitroso (N_2O) durante os processos de desnitrificação (ISHERWOOD, 2000).

A volatilização acontece quando o N se apresenta na forma de amônia (NH_3) e segundo Lagreid et al., (1999) 54 Tg.ano⁻¹ desse nutriente são emitidas na atmosfera. A volatilização acontece devido a reações químicas onde, através da ação de enzimas (especialmente a ureia amido-hidrolase, ou simplesmente *urease*). Para Lanna et al., (2010) as condições ambientais são determinantes para o destino dos produtos da *urease*, sendo que, em condições desfavoráveis de pH e temperatura e ambiente anaeróbico, boa parte do N pode ser perdido para a atmosfera.

A lixiviação acontece com o ânion nitrato (NO_3^-), forma química do N que possui baixa afinidade com os minerais do solo devido a predominância de cargas negativas, pelo ao menos nas camadas superficiais nos solos tropicais, que faz com que o nitrato seja lavado para as camadas mais profundas, por percolação da água (CANTARELA, 2007).

2.5 Indicadores Usados na Avaliação de Sistemas Diversificados

As atividades agrícolas são condicionadas aos pilares da sustentabilidade (social, ambiental e econômico), todos são essenciais e a viabilidade econômica tem grande peso na viabilidade da atividade (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.

Alguns autores têm feito uso de indicadores econômicos como Uso Eficiente da Terra (UET), renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e outros similares, a fim de mensurar a viabilidade agroeconômica de consórcios entre hortaliças em diversos arranjos e condições de estudo (SOUZA; MACEDO, 2007; CECÍLIO FILHO et al., 2008; GRANGEIRO et al., 2011; OHSE et al., 2012; LIMA et al., 2014; VIEIRA et al., 2014).

Trabalhos como o de Brito et al., (2017) onde são apresentados índices de uso da terra (UET's) de consórcios (taro com brócolis, couve-chinesa, berinjela, jiló, pimentão e maxixe) são importantes para o entendimento das vantagens dos consórcios de culturas, contudo analisam a viabilidade econômica de cultivos isolados e não de sistemas de produção, não havendo a consideração da variabilidade temporal.

Face a isso, com o propósito de preencher parte das lacunas de análises econômicas que considerem um sistema diversificado de produção de hortaliças durante anos agrícolas sucessivos é que os trabalhos de Mata (2012, 2016) foram concebidos, com continuidade ao longo dos anos (PIAN, 2016; SILVA, 2018) e cujo o presente trabalho dá continuidade nas avaliações agroeconômicas referente ao ano agrícola 2018/2019. Cabe dizer também que não há registros de outras pesquisas de viabilidade econômica em sistemas de produção de hortaliças que não empreguem esterco de origem animal como fonte de adubação

2.6 Balanço Parcial de Nutrientes

Para Gliessman (2001) e Araújo (2008), o uso equilibrado nutricional pode ser um indicativo de ação antrópica ocorrendo de forma sustentável. Todavia, por ser altamente dinâmico, com entradas e saídas de nutrientes de diversas formas, é necessário que seja feito o monitoramento dos nutrientes, a fim de auxiliar na tomada de decisão no que diz respeito à ajustes no manejo das áreas.

O balanço de nutrientes se refere à diferença entre a remoção e a entrada de nutrientes em um sistema durante um determinado tempo de acordo com os fluxos de nutrientes existentes neste sistema. Saldos positivos estão associados ao aumento da fertilidade do solo, saldos negativos levam a diminuição da fertilidade do solo, podendo afetar a produtividade e a sustentabilidade do sistema em longo prazo. Balanços de nutrientes são ferramentas para descrever os fluxos de nutrientes em sistemas agrícolas e para ajudar na complexa gestão¹ espacial e temporal de nutrientes dentro de rotações de culturas e sistemas mistos (GOULDING et al., 2000; WATSON et al., 2006).

O balanço de nutrientes pode ser total ou parcial (quando abarca a dinâmica apenas de alguns nutrientes) e é obtido mediante a mensuração dos fluxos das entradas, saídas e estoques dos nutrientes dentro dos agroecossistemas. Tal quantificação pode ser realizada para diferentes escalas como talhões, glebas de cultivo, propriedades, regiões, cidades e até países (Araújo, 2008). Em virtude dos diversos processos que ocorrem com os estoques de nutrientes no solo, a realização do balanço completo requer o uso de modelos complexos que permitam diferenciar nutrientes disponíveis e não imediatamente disponíveis. Quando o balanço é parcial, é necessário escolher quais nutrientes serão investigados de maneira detalhada (usualmente N, P e K) e como os fluxos serão mensurados, direta ou indiretamente (NOBRE JÚNIOR, 2009).

Nesse sentido, o monitoramento continuado dos estoques de nutrientes no solo do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças descrito em Mata (2016) e no presente trabalho, tem o objetivo de contribuir para o entendimento da dinâmica de fertilidade de solos cultivados intensivamente com hortaliças, com a peculiaridade do Módulo que possui sua fertilização embasada em fertilizantes de origem vegetal.

2.7 Variabilidade Espacial, Temporal e Geoestatística

O solo apresenta heterogeneidade e sua variabilidade espacial é dependente dos fatores de formação, topografia, características de formação do solo, água, microclima e práticas de manejo (JENNY, 1941). Para diminuir o impacto das práticas agrícolas sobre o sistema é necessário o conhecimento da variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo no espaço e no tempo (GREGO; VIEIRA, 2005). Para que o um indicador de qualidade do solo avalie mudanças no intervalo entre medições, há necessidade de 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 (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003).

Uma maneira de solucionar problemas relacionados à avaliação da variabilidade espacial do solo seria a adoção de métodos geoestatística (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 manejos sobre 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

¹ Neste trabalho o termo gestão engloba planejamento e gerenciamento do processo.

mapeamento da variabilidade espacial e temporal dos solos (VALERIANO; PRADO, 2001), integrando múltiplos indicadores e assim avaliando a paisagem e o sistema como um todo (ABEGAZ et al., 2016; SMITH; HALVORSON; PAPENDICK, 1994). Ela 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 independente 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. O semivariograma é calculado pela seguinte equação:

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

Onde: $N(h)$ = número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h .

Os valores de Z são as propriedades estudadas, no caso deste trabalho número de plantas espontâneas e número de plantas alimentícias não convencionais, enquanto os valores de x_i e $x_i + h$ são definidos de acordo com as posições das amostras no campo (Vieira, 1997).

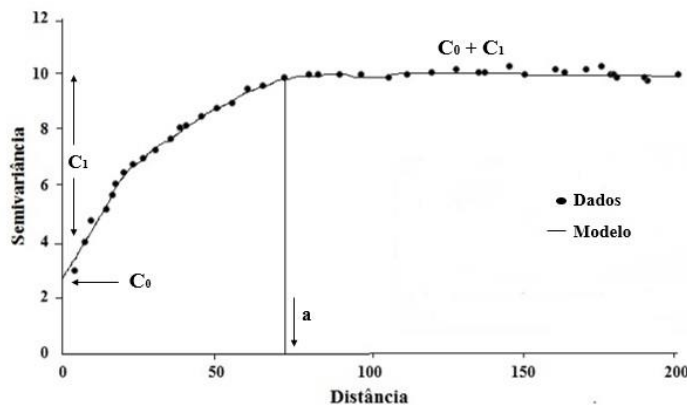


Figura 1. Modelo de semivariograma típico e seus componentes.

Onde:

- O alcance (a), representa a distância limite onde se tem dependência espacial entre as amostras;

- O patamar (C_0+C_1), onde o valor do semivariograma corresponde ao seu alcance e a partir este ponto a variância entre amostras se torna constante;
- O efeito pepita (C_0), revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre os pontos de coleta das amostras.

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; FLIEßBACH 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 com o 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.

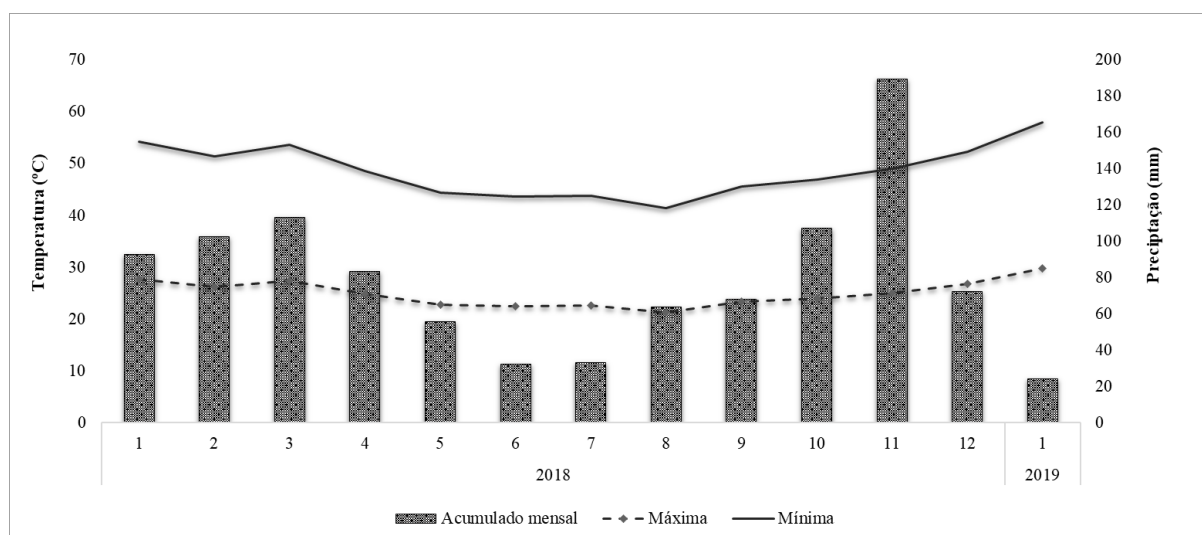
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi conduzido em uma área dentro do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido por “Fazendinha Agroecológica Km 47”. Espaço fundado em 1993, fruto da articulação interinstitucional entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Agrobiologia e Solos), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro/Rio), por meio da Estação Experimental de Seropédica (EES) (NEVES *et al.*, 2015).

A Fazendinha Agroecológica, Km 47 possui uma área de 80 hectares, localizada no município de Seropédica/ RJ, entre as coordenadas 22°46' S e 43°41' W e a 33 m de altitude em relação ao nível do mar (DIAS, 2007). O clima é quente e úmido, classificado como Aw de acordo com a classificação de Köppen, temperatura média anual de 24°C, com chuvas concentradas no período de novembro a março e precipitação média anual em torno de 1213 mm (EMBRAPA, 1999). Os dados climáticos do local estão representados na Figura 2.

Figura 2. Dados climáticos do período de janeiro de 2018 a janeiro de 2019 provenientes da estação meteorológica localizada na estação experimental da Pesagro/Rio, Seropédica/RJ.



Dentre os trabalhos de pesquisa conduzidos na Fazendinha Agroecológica Km 47 encontra-se o Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças. Instalado em 2011, a área já foi o foco dos trabalhos de Mata (2012, 2015), Pian (2016), Silva (2018), Pian (2019) e tem como objetivo central avaliar a sustentabilidade de um sistema orgânico em longo prazo por meio do monitoramento espaço-temporal das características edáficas, dos fluxos de massa e nutrientes e da mensuração dos custos monetários envolvidos nos processos de produção. Além disso, o módulo é utilizado como um ambiente didático-pedagógico, contribuindo na formação e atualização de estudantes, agricultores e técnicos nos vários cursos, visitas, práticas e estágios realizados na Fazendinha Agroecológica Km 47 (SILVA, 2018).

O módulo replica um modelo de propriedade agrícola de pequena escala, que não apresente produção animal vinculada à produção vegetal, possui 1 ha de área total, relevo plano e solo com predominância do tipo Planossolo, com média de 91,7% de areia, sendo classificado como um solo arenoso (PIAN, 2015). Dados apresentados por Pian (2019), mostram que a maior parte do carbono presente no módulo está na forma de humina, no ano de 2017 os teores de Carbono Orgânico Total (COT) variaram de 0,62 a 10,62 g kg⁻¹ (sendo o COT apresentado como um indicador indireto da matéria orgânica do solo). A caracterização

química, feita por meio de coletas de solo realizadas em setembro de 2018 é ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Estatística	P	K	Ca	Mg	pH
	mg/l ⁻¹		cmol _c /dm ⁻³		unid.
Máximo	314,61	159,7	5,69	159,7	6,89
Mínimo	6,28	7,8	0,38	7,8	5,04
Média*	92,86	44,62	2,2	44,62	5,99
Desvio padrão*	85,93	35,39	1,27	35,39	0,51

N = 116 amostras simples de solo da profundidade de 0-20 cm, coletadas em pontos georreferenciados.

Sendo um dos princípios de sua concepção a produção *in situ* de biomassa, a organização espacial contempla tanto áreas para a produção de hortaliças, quanto para a produção de biomassa. A área de produção efetiva de hortaliças corresponde à 40% da área total (4.000 m²), possui tanto canteiros a pleno sol (policultivo e áreas adjacentes aos telados), como áreas com redução de 30% da radiação incidente (telados) e faixas de produção entre glebas de gliricídia (*Gliricidia sepium*); o banco de biomassa vegetal ocupa 30% da área (3.000 m²), sendo constituído por glebas e faixas de capim elefante, capim vetiver e pelas leguminosas gliricídia e flemíngia (*Flemingia macrophylla*). A produção de composto orgânico, bananal, plantios limítrofes (laranja e tefrósea), ruas para circulação de pessoas e máquinas ocupam os 30% (3.000 m²) de área restantes. Para a análise do balanço parcial de nutrientes a área do módulo foi dividida em gleba 1 (porção direita, com área de efetivo plantio de plantas de cobertura) e gleba 2 (porção esquerda, com área de efetivo plantio de hortaliças) (Figura 3).

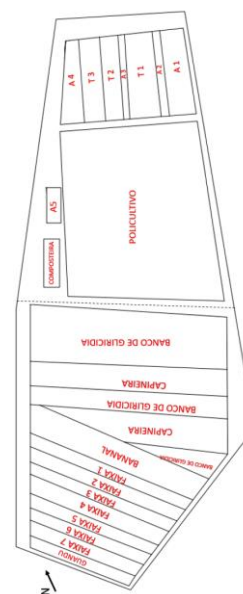


Figura 3. Foto aérea (direita) destacando em vermelho o Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças e organização espacial (esquerda) sendo as áreas principais: A1 = 192,5 m², A2= 45m², A3= 37,5m², A4=112,5m², A5= 35m²;T1 e T2= 175m² cada, Policultivo = 2502m², Bancos de Gliricídia=1481m², Capineira= 894,03m², Faixas: 1=60m², 2=212m², 3=212m², 4=212m², 5=156m², 6=156m², 7=106m²; Seropédica/RJ, 2018.

3.2 Manejo do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças

As práticas de produção empregadas no manejo do módulo seguem as tecnologias de base agroecológica desenvolvidas na Fazendinha Agroecológica Km 47 ao longo de seus 25 anos de pesquisas, além disso, a partir dos aprendizados dos primeiros anos de condução da área, adaptações têm sido implementadas com vistas à otimização dos processos de planejamento e gerenciamento para a melhoria da gestão e eficiência das práticas utilizadas no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças.

Os cultivos no módulo são divididos em dois ciclos: i) cultivos de outono/inverno, de abril a setembro, quando são cultivadas a grande maioria das 41 culturas de interesse econômico presentes na área; ii) cultivos de primavera/verão, de outubro a março, quando as condições climáticas da Baixada Fluminense são limitantes para o cultivo de hortaliças, especialmente as folhosas, as áreas são ocupadas com plantas de cobertura como mucuna, crotalárias e feijão de porco, consorciadas com milho e quiabo (Figura 4 e 5, Tabela 2).



Figura 4. Produção de biomassa no ciclo de primavera/verão nos telados (A) e policultivo (B) do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.



Figura 5. Cultivos comerciais de outono/inverno nos telados (A) e policultivo (B) do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Tabela 2. Cultivos presentes no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças e suas funcionalidades no sistema, Seropédica/RJ, 2018.

Cultivo	Nome científico	Funcionalidade
Acelga	<i>Beta vulgaris</i> var. cicla	GR/ DE

Alface-americana	<i>Lactuca sativa</i> L., cv. Angelina	GR/ DE
Alface-crespa	<i>Lactuca sativa</i> L., cv. Vera	GR/ DE
Alface-crespa vermelha	<i>Lactuca sativa</i> L., cv. Red fire	GR/ DE
Alface-lisa	<i>Lactuca sativa</i> L., cv. Regina 2000	GR/ DE
Alface-romana	<i>Lactuca sativa</i> L., cv. Branca de Paris	GR/ DE
Banana	<i>Musa paradisiaca</i> L.	GR/ DE
Batata-doce	<i>Ipomoea batatas</i> L., var. locais	GR/DE
Bertalha	<i>Basella alba</i> L., var. Local	GR/ DE / PS
Beterraba	<i>Beta vulgaris</i> L., var. Early Wonder Tall Top	GR/ DE
Bucha	<i>Luffa aegyptiaca</i> L. var. Local	GR/ DE/ PS
Campim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach., cv. Cameroon	PB/ DE
Capim Limão	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC) Stapf.	GR / DE/ AI / CP
Capuchinha	<i>Tropaeolum majus</i> L. var. Anã Sortida	GR/DE
Cebolinha	<i>Allium fistulosum</i> L., var. local	GR/ DE
Cenoura	<i>Daucus carota</i> L., var. Brasília	GR/ DE
Chicória	<i>Cichorium endívia</i> L., cv. Elysee	GR/ DE
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	IA/ GR/ DE
Couve	<i>Brassica oleracea</i> L., var. acephala DC.	GR/ DE
Crotalaria juncea	<i>Crotalaria juncea</i> L.	PB/ AD/ IA
Crotalaria spectabilis	<i>Crotalaria spectabilis</i> L.	PB/ AD/ IA
Cúrcuma	<i>Curcuma longa</i> L.	GR/ DE
Espinafre	<i>Spinacia oleracea</i> L., var. Nova Zelândia	GR/ DE
Feijão comum	<i>Phaseolus vulgaris</i> var. BRS Campeiro	GR / DE
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	PB/AD
Feijão fava	<i>Phaseolus lunatus</i> L. cv. rajada vermelha	GR / PB/ AD
Feijão guandu	<i>Cajanus cajan</i> , L. cv. Mandarin	GR / PB/ AD
Feijão Vagem	<i>Phaseolus vulgaris</i> L., var. Alessa e var. Novirex	GR/ DE
Flemingea	<i>Flemingia macrophylla</i> Willd	PB/ AD
Funcho	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	GR/ DE / AI
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i> Willd	GR/ DE
Gergelim preto	<i>Sesamum indicum</i> L.	GR/ DE
Girassol	<i>Helianthus annuus</i> L.	AI
Gliricidia	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	PB/ AD
Laranja	<i>Citrus sinensis</i> L.	GR/ DE
Manjerição	<i>Ocimum basilicum</i> L.	GR/ DE / AI
Maxixe	<i>Cucumis anguria</i> L.	GR/ DE
Milho	<i>Zea Mays</i> L., cv. BRS Caatingueiro	PB/GR/ DE
Mucuna cinza	<i>Mucuna pruriens</i> L.	PB/ AD/PS
Mungo	<i>Vigna radiata</i> L.	GR/ DE
Nirá	<i>Allium tuberosum</i> Rottl. Ex Spreng	GR/ DE
Palmeira Real	<i>Archontophoenix cunninghamii</i> H. Wendl. & Drude	DE/CP
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> , L. var. Racer	GR/ DE
Pimenta biquinho	<i>Capsicum chinese</i> L.	GR/ DE / PS
Pimentão chapéu de bispo	<i>Capsicum baccatum</i> var. Local	GR/ DE
Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench	GR/ DE
Rabanete	<i>Raphanus sativus</i> L., var. Vip Crimson	GR/ DE
Rúcula	<i>Eruca sativa</i> Mill., var. Astro	GR/ DE
Salsa	<i>Petroselinum sativum</i> Hoffm, var. Lisa Preferida	GR/ DE
Taioba	<i>Xanthosoma taioba</i> E. G. Gonç.	GR/ DE
Téfrosia	<i>Tefrosia cinapou</i> L.	AI/ DE/ CP
Tomate Cereja	<i>Solanum lycopersicum</i> L., var. Cereja, cv. Perinha	GR/ DE
Vertiver	<i>Vetiveria zizanioides</i> L.	CP / PB
Zínia	<i>Zinnia elegans</i> Jacq	AI / CP / OS

AD: adubação; AI: atração de inimigos naturais; CP: compor paisagem; DE: diversificação de espécies; GR: geração de renda; PB: produção de biomassa; PS: produção de sementes.

Mudas são utilizadas para realizar o plantio da maior parte das hortaliças, as exceções são cenoura, pepino, rabanete e vagem que são semeados diretamente nos canteiros definitivos. Tanto as mudas como o substrato orgânico utilizado são produzidos na Fazendinha Agroecológica Km 47, seguindo metodologia adaptada de 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.

Diferentes práticas de preparo do solo têm sido adotadas. Nos cultivos de abóbora, quiabo, taioba, pimenta biquinho, cúrcuma, gengibre e maxixe optou-se pelo cultivo mínimo, ou seja, apenas abertura de covas. Para o plantio de couve, tomate cereja o solo passou por uma gradagem leve realizada por micro trator (tobata), seguida pela abertura das covas. A gradagem leve também foi utilizada na área dos telados, sendo os canteiros levantados manualmente posteriormente. Para o cultivo de batata-doce foi realizada gradagem e levantamento de leiras de forma mecânica. Para as demais hortaliças, realizou-se a gradagem e o levantamento de canteiros feito com uso do encanteirador mecânico no início do ciclo de outono/inverno, para a manutenção dos canteiros nos cultivos consecutivos, após a colheita da cultura antecessora, aplicação de fertilizante e incorporação com a tobata, acertando os canteiros posteriormente de forma manual com o auxílio da enxada, buscando assim diminuir o impacto no solo.

No módulo de cultivo utiliza-se como fertilizante o composto fermentado tipo bokashi, sendo gerado a partir da fermentação anaeróbica de farelo de mamona e farelo de trigo, nas proporções de 40% e 60%, respectivamente. A fermentação é potencializada por meio da inoculação de microrganismos eficientes (Embiotic Line®). O bokashi utilizado na fertilização dos cultivos do módulo apresenta em valores médios a seguinte concentração: 40,8 g.kg⁻¹ de N; 3,94 g.kg⁻¹ de P; 11,50 g.kg⁻¹ de K; 3,32 g.kg⁻¹ de Ca e 3,48 g.kg⁻¹ de Mg.

Outro recurso empregado como fertilizante em adubações de cobertura é o farelo de mamona, sobretudo na cultura do capim-elefante após os cortes, banana, laranja e em algumas hortaliças de ciclo mais longo como o quiabo, tomate cereja, taioba e couve. Apresenta em média as seguintes concentrações: 5,23 g.kg⁻¹ de N; 4,46 g.kg⁻¹ de P e 10,38 g.kg⁻¹ de K (SILVA, 2018). Em 2018, como diferencial, optou-se em realizar a adubação de cobertura no milho com o farelo de mamona, em uma dose de 600 kg.ha⁻¹, aumentando a produção de grãos em cerca de 63% em relação ao ano anterior.

Além disso, uma camada de cobertura morta com 50% de palhada de gliricídia e 50% de capim-elefante é aplicada aos canteiros entre 10 e 15 dias após o plantio das mudas. O composto orgânico de origem estritamente vegetal (adaptado de Leal, 2006; Figura 5) é adicionado às covas de plantio de culturas como pepino, couve, tomate cereja e quiabo, além de ser utilizado para cobertura de sulcos de plantio quando é feita a semeadura direta. É realizada uma adubação anual à base de farelo de mamona, sulfato de potássio e termofosfato nas capineiras e farelo de mamona e sulfato de potássio nas bananeiras. Ressalta-se que as fontes de adubação mineral empregadas são permitidas na agricultura orgânica (BRASIL, 1999).

No cultivo de hortaliças tanto no policultivo quanto nos telados e canteiros adjacentes, o sistema de irrigação utilizado é o gotejamento (Figura 6 – A). Nas faixas de batata-doce, gergelim e na área do policultivo durante o cultivo de primavera/verão (milho e mucuna) utiliza-se sistema de irrigação do tipo aspersão convencional (Figura 6 - B).

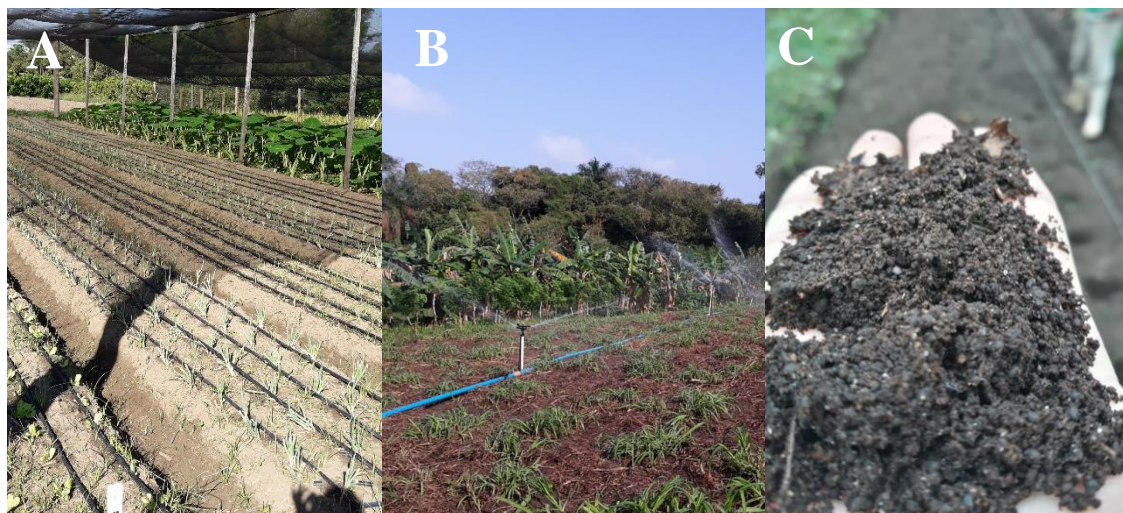


Figura 6. Irrigação por gotejamento usada nos telados e policultivo (A); Irrigação por aspersão convencional, usada em cultivos de verão (B); Composto orgânico de origem estritamente vegetal estabilizado (C); do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018

O manejo da vegetação espontânea tanto dos canteiros, quanto das ruas entre canteiros se dá por meio de capinas manuais, com auxílio de enxada e sacho, a quantidade de capinas varia de acordo com o ciclo da cultura de interesse econômico instalada, para as folhosas como alface e chicória, realizou-se em média uma única capina que se dá cerca de 15 dias após o plantio e pela aplicação da cobertura morta (capim elefante e gliricídia), em torno de $1,3 \text{ kg.m}^{-2}$ por canteiro. Ainda são feitas roçagens de manutenção nas ruas e adjacências, com o auxílio de roçadeira costal e trator com roçadeira.

No controle de pragas e doenças utilizou-se medidas com caráter preventivo, tais como a diversificação de espécies, rotação de culturas, plantio de variedades resistentes e adaptadas às condições de cultivo, adubação orgânica e mineral do solo, manejo da irrigação, além da introdução de plantas para a atração de inimigos naturais como coentro, tefrósia e zínea (*Zinnia elegans* Jacq.). Quando necessário, foram adotadas medidas de caráter curativo como uso de caldas (sulfocálcica, bordalesa), extratos vegetais como o de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) e o uso de organismos antagonistas (*Bacillus thuringiensis*) como medida de controle biológico, recursos permitidos na agricultura orgânica (BRASIL, 1999).

3.3 Georreferenciamento

A área do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas foi georreferenciada em 2011, ano de sua implantação, com uso do GPS, modelo TRIMBLE PRO XT, com grid. de 10×10 metros, que permite à avaliação da variabilidade espacial existente no Módulo de Cultivo, a criação de mapas temáticos para inferências quanto à qualidade dos solos.

Dos 295 pontos georreferenciados inicialmente foram selecionados 116 pontos, distribuídos irregularmente, abrangendo as bordas, subsistemas e todas as faixas e separações existentes. Para o estudo das perdas gasosas de nitrogênio via N-NH_3 , marcou-se no policultivo, área de maior intensificação de cultivos, pontos regulares de 10×10 m totalizando 30 pontos. Assim sendo, o estudo foi conduzido em cinco canteiros, cada canteiro com seis pontos amostrais (Figura 7).

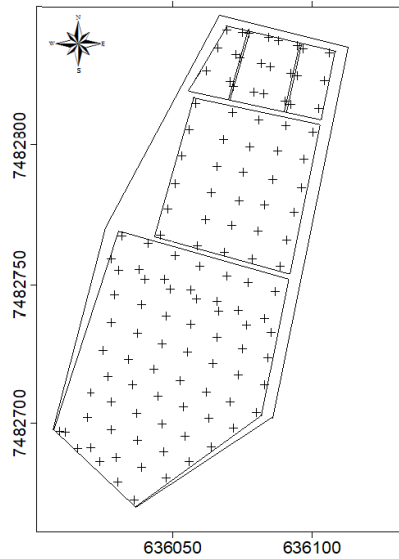


Figura 7. Pontos de coleta georreferenciadas em um grid quadrado do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas com destaque ao *GRID* reduzido de avaliação da volatilização de N-NH₃ (adaptado de Pian, 2016).

3.4 Coleta do N-NH₃ Volatilizado nos Canteiros do Policultivo

Seguindo o *GRID* pré-definido foram instaladas nos pontos georreferenciados câmaras de captação do NH₃ volatilizado, denominadas SALE (câmara semiaberta livre estática), seguindo metodologia de Araújo et al. (2009). O experimento foi instalado no dia 05/06/2018, quando todos os 31 canteiros do policultivo estavam ocupados com hortaliças, e conduzido até o dia 09/09/2018, a avaliação ocorreu durante 16 semanas, sendo a espuma captadora trocada a cada seis dias.

As câmaras, confeccionadas com garrafa de plástico de politereftalato de etileno (PET), com capacidade para 2 L e com área de 0,008 m², onde sua base é removida e posicionada na parte superior, com auxílio de arame galvanizado e do anel da tampa da garrafa, servindo como proteção contra a influência intempéries, especialmente as chuvas. Na parte superior possui uma abertura para circulação de ar no interior da câmara de 2,1 cm de diâmetro. No interior da garrafa PET fica localizado o sistema absorvedor de amônia, constituído de uma lâmina de espuma de poliuretano (0,017 g cm⁻³) com 3 mm de espessura, 2,5 cm de largura e 25 cm de comprimento, suspensa verticalmente com o auxílio de um fio rígido de 1,5 mm de diâmetro embebida em 10 ml de solução de H₂SO₄, 1 mol dm⁻³ + glicerina (2% v/v). O coletor permaneceu no ponto georreferenciado até o momento das coletas (Figura 08).

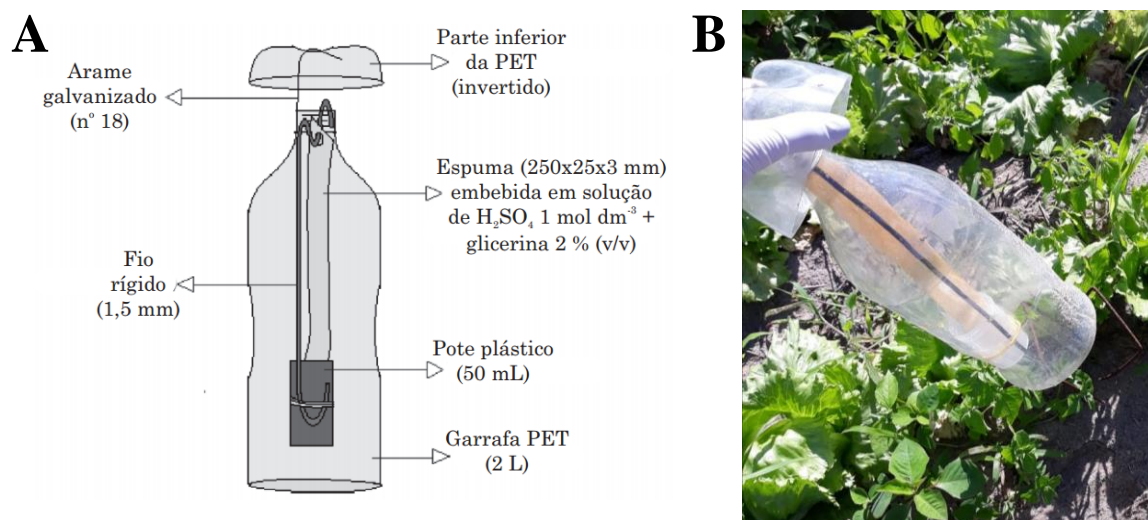


Figura 8. (A) Esquema do sistema coletor de N-NH₃ semiaberto livre estático “SALE” (Araújo et al. 2009), (B) Coletor SALE no campo, no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

As espumas coletadas foram levadas ao laboratório de Agricultura Orgânica (EMBRAPA – Agrobiologia) para a determinação do N-NH₃ retido nas mesmas. Em tubos de Erlenmeyer com massa conhecida (P1) foram acrescentados, além da espuma e solução remanescente, 40 ml de água destilada. Após agitação por 20 minutos em um agitador horizontal a 220 rpm, cada tubo foi pesado (P2), uma alíquota da solução de 10 ml foi retirada e submetida a destilação, utilizando um destilador de arraste de vapor e titulada, para a quantificação do N amoniacal. O volume total da solução foi determinado pela diferença entre P2 e P1 + massa da espuma. A densidade foi considerada igual a 1 g.cm⁻³. Para a determinação do N-NH₃ na amostra utilizou-se a seguinte equação:

$$NH_3 \text{ Amostra} = \left(\frac{(VolTit - Br) * U * CAT * (P2 - P1)}{AA} \right) FC$$

Onde:

NH₃ Amostra = Volume de NH₃ volatilizado presente na espuma coletora (mg);

VolTit = Volume do titulante gasto (ml)

Br = Branco

U = Massa atômica do nitrogênio

CAT = Concentração do ácido titulante

AA = Alíquota amostrada (ml)

FC = Fator de correção usado para estimar a real taxa de volatilização de amônia do solo em experimentos de campo (Araújo et al. 2009).

Após calculado esse valor ocorre uma transformação por área, para tal divide-se a quantidade de NH₃ presente na amostra pela área da garrafa usada (0,008m²), como mostra a equação seguinte:

$$\text{Volatilização} = \frac{NH_3\text{Amostra}}{A_{\text{garrafa}}}$$

Onde:

Volatilização: Volume volatilizado na área da garrafa coletora ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$);

NH_3 Amostra = Volume de NH_3 volatilizado presente na espuma coletora (mg);

A_{garrafa} : Área da garrafa ($0,008\text{m}^{-2}$)

Os resultados encontrados foram transformadas em $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ou $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para facilitar as interpretações dos gráficos e mapas.

3.5 Levantamento de Dados e Análise de Viabilidade Agroeconômica do Módulo

Em uma caderneta de campo foram anotados todos os eventos que aconteceram no decorrer do ano no módulo, dados como horas de mão de obra trabalhadas e com mecanização, os insumos utilizados, quantificação de biomassa produzida e usada nos manejos, dentre outros. O procedimento adotado durante as colheitas foi padronizado desde o início, onde todas as hortaliças colhidas eram avaliadas seguindo as exigências do mercado em termos morfológicos (tamanho, peso, formato) e todas que não atendiam essas exigências não foram contabilizadas, entretanto, o peso dos produtos considerados “descarte” foi incluído nas análises do balanço parcial de nutrientes.

Os custos com a força de trabalho foram levantados tendo como base os valores praticados por empresas de pequeno porte e disponíveis em SINE (2018), estando inclusos todos os tributos e encargos trabalhistas. Seguindo o método adotado por Silva (2018), os custos com mecanização e transporte para a comercialização, foram considerados valores médios praticados em Seropédica/RJ, em 2018. Para os insumos considerou-se os valores pagos no mercado local e regional.

Para a simulação de comercialização da produção do módulo, consideraram-se os valores pagos em 2018, nos seguintes mercados: a) Preços praticados no Circuito Carioca de Feiras Orgânicas; b) Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA/RJ) e c) Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

As feiras do Circuito Carioca de Feiras Orgânicas não apresentam flutuações em sua tabela de preços no decorrer do ano, assim como PNAE, diferente destas, no CEASA a flutuação chega a ser diária, assim sendo utilizou-se como referência os valores médios pagos ao longo do período em que houve colheitas no módulo.

Os valores de referência do PNAE, assim como em levantamentos anteriores, tiveram como base os preços praticados no município de Barra do Piraí, região Sul Fluminense, considerando o valor pago pelo município, conforme a Lei N°. 11.947/2009 (BRASIL, 2009), de 30% a mais para alimentos orgânicos. O município de Seropédica não apareceu na listagem de municípios que fazem uso desse canal de comercialização institucional (PNAE), em 2018. Além disso, para os alimentos colhidos no módulo, mas que não encontravam-se 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 lançadas pelos municípios para aquisições via PNAE são baseadas nas cotações do próprio CEASA e do Serviço de Informação do Mercado Agrícola (SIMA) da Pesagro-Rio (SILVA, 2018).

Para o cálculo dos custos fixos mensais foram usados valores padrões para análise de viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários, apresentados por Guiducci et al. (2012).

Os cálculos agroeconômicos foram realizados com base em Beltrão et al., (1984). Para o cálculo do custo de oportunidade considerou-se uma precificação tendo como base a

rentabilidade proporcionada pelo investimento em caderneta de poupança, que correspondeu, no ano de 2018, em média 0,5% ao mês. O somatório dos custos fixos e variáveis é igual ao custo de operação total (COT). Os indicadores agroeconômicos utilizados para aferir a viabilidade do módulo foram receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL). A receita bruta (RB) foi obtida multiplicando-se a produtividade das culturas pelos valores pagos nos diferentes cenários de comercialização analisados. Para o cálculo de receita líquida (RL) subtraiu-se da RB o COT. A taxa de retorno (TR) ou relação custo/benefício foi calculada mediante a razão entre a RB e o COT.

Para fins de avaliações futuras referentes aos dados econômicos apresentados neste trabalho, registra-se que no período de março de 2017 a março de 2018, o valor médio do dólar comercial para compra foi de R\$ 3,7502 e de R\$ 3,7390 para venda, sofrendo grandes variações ao decorrer do ano devido as disputas presidenciais (DEBIT, 2018).

3.6 Análises Químicas de Solo, Fertilizantes, Tecido Vegetal e Conversões

Para caracterização da fertilidade do solo do módulo de cultivo, em setembro de 2018 foram amostrados 116 pontos distribuídos regularmente pela área (10 x 10m), seguindo GRID pré-estabelecido. Em cada ponto foi coletado uma amostra simples de solo na profundidade de 0-20 cm. Para os fertilizantes foram retiradas três alíquotas dos materiais utilizados ao longo do ano. Para a extração de nutrientes do tecido vegetal das espécies de interesse econômico, foram usados valores do ano anterior, sendo por motivos de dificuldades logísticas na coleta de amostras e por não haver diferenças significativas nesse quesito ao longo dos ciclos.

Todas as análises foram conduzidas no Laboratório de Química Agrícola (LQA) da Embrapa Agrobiologia. As determinações dos teores de P, K, Ca, Mg e pH para o solo, seguiram as metodologias descritas pela Embrapa (1997).

3.7 Análises Estatística e Geoestatística

Para avaliar a variabilidade espacial da volatilização de N-NH₃ foram aplicadas técnicas geoestatísticas (VIEIRA et al., 2002). Inicialmente foi realizada uma análise estatística descritiva (média, variância, valor máximo e mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação e assimetria), utilizada para avaliar a magnitude da dispersão dos dados e os pressupostos da função distribuição de probabilidade (normalidade). Em seguida, os dados foram plotados no programa SURFER 8.0 (Golden Software). Este é um passo importante, pois nele é possível ter uma noção preliminar da distribuição dos dados na área e a existência de dados anômalos. Para coletas que não apresentaram distribuição normal, os dados foram transformados (Log). Posteriormente, para cada coleta (1 a 16) foram plotados os valores semivariâncias experimentais (semivariogramas), com auxílio dos recursos do Microsoft Excel, para avaliação da dependência espacial e a escolha de um modelo teórico que melhor representou a variabilidade dos dados. Os ajustes dos modelos experimentais ao semivariograma foram baseados no maior valor do coeficiente de correlação e no menor valor da raiz quadrada do erro médio. Para a escolha do melhor ajuste e vizinhos empregou-se a técnica conhecida por “Jack-knifing”, baseado no menor valor do erro calculado, conforme Vieira (1997). Os valores estimados da volatilização de N-NH₃ por coleta foram gerados por krigagem ordinária, com resolução de 1 metro, através do programa computacional GEOSTAT (VIEIRA et al., 1983). Em seguida estes valores foram plotados espacialmente no programa SURFER 8.0 (Golden Software) mapas com separação por classes foram gerados e editados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Agroeconômica do Módulo de Cultivo

Desde sua concepção o Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças busca ser um experimento de longa duração que represente uma propriedade de uma família agricultora, com área total de 1 hectare. Os resultados apresentados a seguir são um recorte de uma linha do tempo que se iniciou em 2011 e seguirá em estudo por tempo indeterminado, os resultados de anos anteriores serão usados no texto para o enriquecimento das discussões.

Serão apresentados o desempenho agrônômico das espécies presentes no módulo de cultivo no ano agrícola 2018/2019, assim como a análise da rentabilidade financeira da atividade, por meio da relação custo-benefício.

4.1.1 Produção e Produtividade

A produção total do ano agrícola 2018/19¹ foi de 15.673,27 kg, um acréscimo de 22,55% em relação ao ciclo anterior (2017/18), ano em que ocorreu problemas de manutenção da força de trabalho. O histórico produtivo mostra variações no decorrer dos anos, tendo como ápice a produção de 2013 (19.852 kg) e menor produção em 2017 (12.790 kg), a média dos oito anos de estudo é de 14.306 kg (MATA 2012, 2016; PIAN, 2015, 2019²;). Essa variação no decorrer dos cultivos se dá por motivos variados, podendo ser mudanças no manejo e na condução do experimento (substituição de insumos, inclusão e exclusão de espécies), fatores ambientais e fatores externos, relacionados principalmente com a força de trabalho.

Em 2018, além das já pertencentes ao quadro de cultivo do módulo, foram inseridas 13 novas espécies, sendo elas: acelga, bucha, capuchinha, cúrcuma, erva doce, feijão fava, feijão comum, manjeriço, maxixe, mungo, pimenta biquinho, ora-pro-nobis e pimentão chapéu de bispo. León e Altieri (2010) destacam a importância da diversificação das espécies, promovendo as sinergias necessárias para recuperação e estabilidade dos sistemas.

Souza et al. (2009) destaca o potencial da cultura ora-pro-nobis, espécie que tem ganhado expressão no mercado pelo alto conteúdo de proteínas e mucilagem em suas folhas, além de características técnicas favoráveis, como a rusticidade e produção perene. Culturas como a cúrcuma, erva doce e manjeriço também são importantes componentes de sistemas de produção diversificados uma vez que possuem princípios ativos importantes para o mercado farmacêutico.

Além de vantagens agrônômicas provenientes da diversificação de espécies no sistema de produção, vale destacar o aumento no leque de opções de produtos para a comercialização, alcançando novos mercados e consumidores, e para o próprio consumo da família produtora, fornecendo uma alimentação complexa e rica. Para Darolt et al. (2013) diversificar um sistema de produção está ligado diretamente ao conceito de sustentabilidade, preservando seus pilares, ambiental, social e econômico.

¹ Devido aos prazos para defesa da dissertação, todos os valores da segunda quinzena de janeiro e fevereiro de 2019 são estimados levando em consideração os anos de produção anteriores.

Outro importante ponto é a sazonalidade de produção (Figura 9) que acontece no Módulo desde a sua implantação, ocorrendo devido as condições climáticas da baixada fluminense. A temperatura, amplitude térmica e pluviosidade dificultam a distribuição mais uniforme da produção e da consequente renda dos sistemas de produção. Diante desse entrave busca-se alternativas de produção para períodos em que as colheitas são escassas (primavera/verão). No ano de 2017 teve início a fabricação de fubá e canjiquinha, agregando valor e durabilidade ao milho colhido em meados de janeiro, empregando assim o conceito de agrobiodiversidade, importante para o fortalecimento da agricultura familiar e agroecologia, outras alternativas vêm sendo testadas, como a fabricação de geleias e desidratação de ervas e temperos.

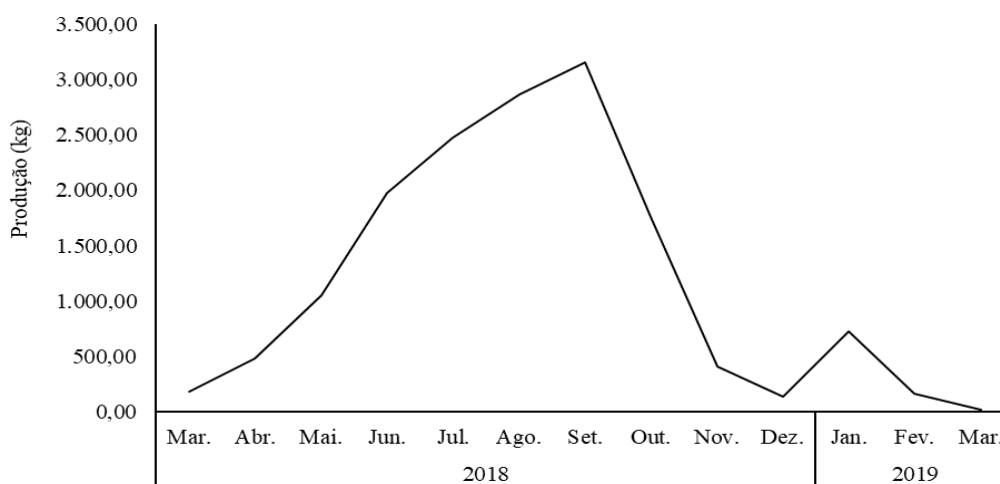


Figura 9. Sazonalidade da produção, no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018/19.

A produtividade dos cultivos é um efetivo indicador da influência das práticas adotadas no sistema de produção. Cultivos orgânicos, em sua maioria, ocorrem em pequenas extensões de área, assim a produtividade média alcançada nos diferentes cultivos presentes no módulo no ano agrícola de 2018/2019 foram extrapoladas para $Mg.ha^{-1}$, facilitando a comparação com a produtividade média estadual de cada cultura e expressa em $kg.m^{-2}$ a fim de fornecer informações mais próximas à realidade dos agricultores de hortaliças (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho agrônômico de espécies cultivadas no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças comparadas à produtividade média do estado do Rio de Janeiro Seropédica/RJ, 2018/19.

Cultivo	Produtividade média estadual* (Mg/ha)	Produtividade média (Mg/ha)	Produtividade média (kg/m^2)
Acelga	-	24,30	2,43
Alface***	25,02	27,68	2,77
Banana**	5,89	6,34	0,63
Batata-doce***	14,99	7,53	0,75
Bertalha	21,02	16,13	1,61
Beterraba	25,53	14,33	1,43
Bucha	-	50,08	5,01

Capim Limão	-	21,70	2,17
Capuchinha**	-	1,08	0,11
Cebolinha	16,27	15,38	1,88
Cenoura	27,64	38,23	3,82
Chapéu de Bispo**	-	1,29	0,13
Chicória	28,29	30,53	3,05
Coentro	16,30	9,43	0,94
Couve híbrida**	42,00****	11,49	1,15
Couve manteiga**	42,00****	24,00	2,40
Erva Doce	-	26,67	2,67
Espinafre	34,34	15,33	1,53
Feijão Fava	-	12,25	1,23
Feijão	1,22	0,43	0,04
Gergelim Preto	-	0,32	0,03
Laranja	12,20	8,30	0,83
Manjericão	-	17,33	1,73
Maxixe	9,00	0,76	0,08
Milho	4,86	2,11	0,21
Nirá**	-	27,67	2,77
Ora-pro-Nobis	-	16,50	1,65
Pepino	45,69	12,94	1,29
Pimenta Biquinho**	-	22,78	2,28
Quiabo**	11,27	8,53	0,85
Rabanete	-	9,31	0,93
Rúcula	18,39	8,71	0,87
Salsa	31,02	10,56	1,06
Taioba **	-	3,58	0,36
Tomate cereja**	40,37	9,90	0,99
Tomate Rosinha	40,37	6,38	0,64
Vagem	17,5	12,92	1,29
Ora-pro-Nobis	-	16,50	1,65

Fonte:** Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola - ASPA, Estado do Rio de Janeiro, 2017 - SISTEMA AGROGEO/ EMATER - RIO/CPLAN/NIDOC. **somatório das colheitas durante todo o ciclo de cultivo. *** produtividade média de diferentes cultivares da mesma espécie. *não há discriminação de cultivares. No módulo em 2018/19.

Diferente de sistemas convencionais, onde a matéria orgânica possui um enfoque reducionista, para sistemas orgânicos ela apresenta a mais alta importância ao solo, às suas características físicas, químicas e biológicas, e ao seu potencial produtivo (COSTA, 2017). Ela ainda atua na diminuição da resistência do solo à penetração de raízes, no aumento da estabilidade de agregados, da porosidade e da capacidade de retenção de água, condições que favorecem o desenvolvimento das plantas (BONINI; ALVES, 2012; HIGASHIKAWA; MENEZES JUNIOR, 2017).

Sendo um dos principais desafios em sistemas de orgânicos de produção, a fertilização é uma preocupação central e permanente, assim sendo, é possível inferir, diante dos resultados apresentados e aos anteriores, que o uso de fertilizantes de origem estritamente vegetal tem

proporcionado as condições necessárias para se alcançar níveis de produtividade satisfatórios para muitos dos cultivos comerciais do módulo, com rendimentos iguais ou superiores aos apresentados em sistemas que utilizam esterco ou mesmo fontes sintéticas para a fertilização do solo. Distintas práticas influenciam diretamente na produtividade alcançada pelas espécies, para Novais et al. (2007) a fertilidade do solo tem importante papel para o desenvolvimento da agricultura e para o aumento sustentável da produtividade e da produção agrícola.

Fertilizantes orgânicos tendem a impactar positivamente a produtividade de hortaliças de um modo geral, uma vez que, além de apresentar um efeito residual, diferentemente dos fertilizantes sintéticos, a introdução de fontes de matéria orgânica proporciona a melhoria em todos os dos solos.

Para as culturas em que é possível fazer comparação com a produtividade média no Estado do RJ, é notável que para espécies de grande impacto comercial como a alface, banana, cenoura e chicória, a produtividade média alcançada no Módulo de Cultivo é maior que a estadual. Resultados estes não ao acaso, mas fruto de tecnologias desenvolvidas na Fazendinha Agroecológica Km 47 e especificamente no próprio Módulo. As folhosas em especial, por apresentarem boa remuneração para o agricultor, alta demanda no mercado e rápido ciclo de cultivo, o que favorece o estabelecimento de um número maior de cultivos na mesma área, entre outras vantagens, tornam-se principais componentes da renda monetária advinda do módulo de cultivo, ocupando uma área maior plantada (Figura 10).

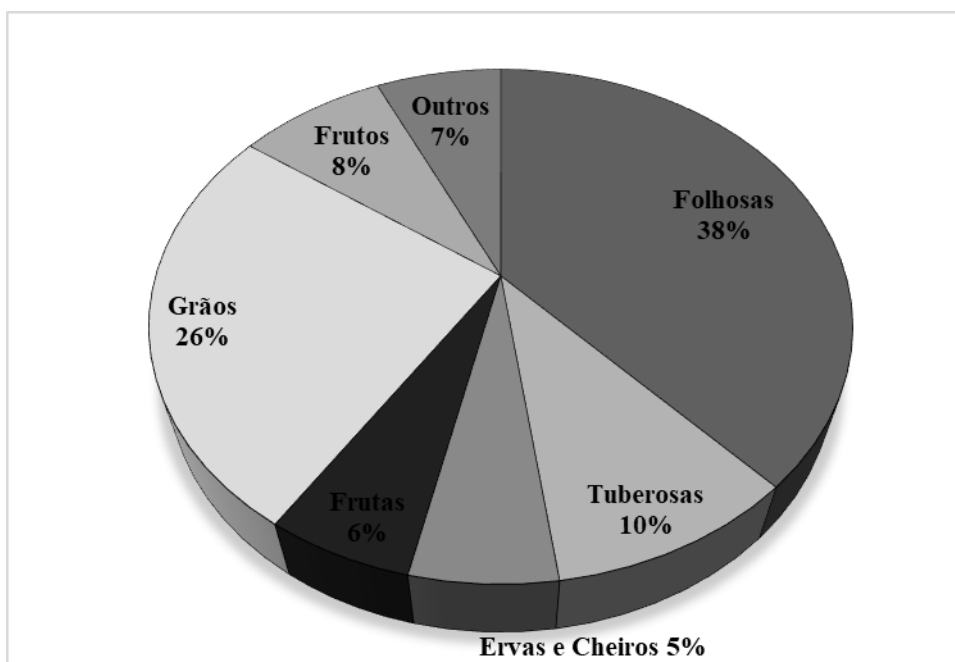


Figura 10. Distribuição espacial relativa da área ocupada pelas culturas comerciais, no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018/19.

4.1.2 Custos fixos e variáveis

Gastos aos quais seus valores independem da produção são considerados como custos fixos. No caso do Módulo, os gastos fixos foram aqueles realizados para estruturar fisicamente o sistema de produção, sendo composto por cercamento da área; construção dos telados; construção do galpão e tanque para lavagem das hortaliças; aquisição de sistema de irrigação, ferramentas e custos para a implantação das culturas perenes (capineira, legumineira e espécies frutíferas); também, compuseram os custos fixos o valor de arrendamento da terra, a depreciação dos componentes e o custo de oportunidade. O maior

custo fixo advém da aquisição do sistema de irrigação, seguido dos valores gastos a construção do galpão e tanque e aquisição de ferramentas. O item com menor participação na composição dos custos fixos foi o arrendamento da terra (Tabela 4).

Tabela 4. Custos fixos para implantação do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Custos Fixos	Valor inicial	Sucata	Vida útil	Depreciação	Manutenção	Oportunidade	Custo fixo
	R\$	R\$	ano	R\$. ano ⁻¹	R\$. mês ⁻¹	R\$. mês ⁻¹	
Cerca	2460,00	246,00	20,00	135,30	11,28	10,25	21,53
Sistema de irrigação	6293,30	629,33	7,00	988,95	82,41	26,22	108,63
Telados	2961,20	740,30	20,00	185,08	15,42	12,34	27,76
Galpão e tanque	3210,00	963,00	30,00	139,10	11,59	13,38	24,97
Ferramentas	4064,31	406,43	10,00	447,07	37,26	16,93	54,19
Banco biomassa e pomar	2701,43	1350,7	2	25,00	162,09	13,51	11,26
Custo da terra	1440,00					6,00	126,00
Valor Total	23130,24				171,47	96,38	387,84

Fonte: Adaptado de Mata (2016) /Guiducci et al (2012).

Na administração de qualquer negócio decisões são tomadas diariamente, optar por um conjunto de gastos significa deixar de realizar um outro conjunto de gastos, assim surge o custo de oportunidade (GUIDUCCI et al., 2012). Esses custos não envolvem desembolso, são implícitos, relativos ao que já pertence à empresa e são estimados a partir do que poderia ser ganho em uso alternativo melhor.

Já a depreciação pode ser definida como uma reserva contábil que objetiva assegurar os meios para a substituição do capital investido em bens produtivos de longa duração, quando estes tornarem-se inutilizados pelo uso ou obsoletos. Neste trabalho tanto a depreciação, quanto o custo de oportunidade, sucata e metodologia para cálculo de custo fixo final foram baseados em valores de referência presentes em Guiducci et al., (2012). A depreciação dificilmente é considerada pelos agricultores familiares na análise financeira das atividades produtivas, contudo é importante e preciso manter uma reserva em dinheiro durante o período provável de vida útil do bem, para possíveis substituições,

O custo variável foi resultante da soma dos seguintes componentes: mão de obra; aluguel de máquinas; aquisição de fontes de adubação, mudas, sementes e produtos para o controle fitossanitário, além dos custos com energia elétrica para funcionamento do sistema de irrigação (Tabela 5). Mão de obra e aluguel de máquinas foram os componentes com maior participação na composição dos custos variáveis.

Vale ressaltar o valor ínfimo gasto no controle fitossanitário, menos de 1% do total dos custos, importante para valorizar práticas preventivas no manejo do sistema, tais como a diversificação de espécies e a rotação de culturas. Para Aguiar-Menezes (2014) e Santana (2005) a diversificação de cultivos tem uma relação com o controle biológico de pragas, pois favorece a abundância de inimigos naturais e sua efetividade, ao servir de hospedeiros/presas alternativos em momentos de escassez de pragas, serve de alimentação (pólen e néctar) para os parasitoides e predadores adultos de refúgios para a hibernação e nidificação de inimigos naturais e mantém populações aceitáveis da praga por períodos prolongados, de maneira a assegurar a sobrevivência continuada dos insetos benéficos.

Tabela 5. Custos variáveis do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças durante o ano agrícola 2017/2018, Seropédica/RJ, 2018/19.

Custos variáveis	Valor (R\$)	%
Mão de obra	16975,52	40,87
Aluguel de máquinas	10735,90	25,85
Adubação	2976,00	7,17
Mudas	4.160,00	10,02
Sementes	1.008,03	2,43
Mudas e sementes	5168,03	12,44
Energia elétrica	465,00	1,12
Controle fitossanitário	46,17	0,11
TOTAL	41534,65	100,00

A demanda por mão de obra e mecanização ocorrem de maneira diferenciada ao longo dos meses (Figura 11). O uso de mecanização apresenta picos ao longo do ano, o primeiro pico é decorrente do início efetivo da produção de hortaliças no ano agrícola, quando se tritura mecanicamente a biomassa gerada pelo cultivo de milho consorciado com leguminosa e a área é preparada para receber os cultivos de outono/inverno. Existem picos (como nos meses de abril, maio e agosto de 2018 e fevereiro de 2019) que acontecem devido ao manejo de corte da biomassa da gliricídia e do capim elefante, assim como roçagens de manutenção das áreas de circulação do Módulo. Em outubro aparece outro grande pico, esse pelo preparo dos canteiros novamente com o uso do trator com encanteirador para receber a cultura do milho.

Já com relação a mão de obra, há relativa estabilidade da demanda na maior parte do ano, contudo é visível uma queda após outubro, com a ocupação da área do policultivo com a cultura do milho + mucuna, onde há uma expressiva diminuição da necessidade de tratamentos culturais, e chegada do verão, com menor número de culturas comerciais estabelecidas. Este período é utilizado para realizar manutenções na estrutura do módulo de cultivo, tais como reforma de cercas, adubação das espécies frutíferas, poda das árvores do entorno e produção mais intensiva de composto orgânico a ser utilizado nos ciclos de cultivo. Uma particularidade, iniciada no ciclo de 2017/18, é o processamento dos grãos de milho colhidos em meados de janeiro, para a fabricação de fubá e canjiquinha. Esse processamento é interessante por ser uma estação com temperaturas elevadas e mão de obra menos intensiva, onde os trabalhadores podem exercer uma ocupação à sombra.

Em função dessa diminuição da exigência da força de trabalho manual nos meses finais do ano, surge a possibilidade de revezamento dos trabalhadores de campo para que possam tirar um período de férias e/ou se ocupar temporariamente em outra atividade, visando complementação da renda familiar.

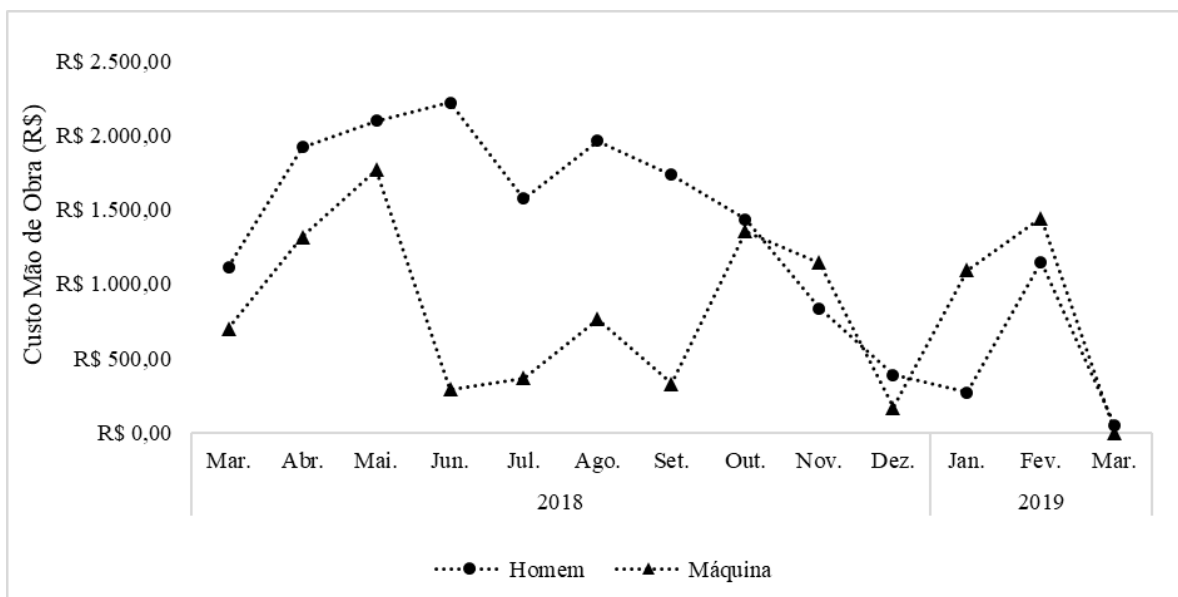


Figura 11. Custos mensais relativos à força de trabalho e à mecanização no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018/19.

A horticultura orgânica é uma atividade altamente demandante de força de trabalho manual, principalmente no que diz respeito a tratos culturais como as capinas, fato esse que pode explicar em parte o valor dos produtos orgânicos maior que os convencionais. No ano agrícola 2018/19, a capina manual dos canteiros foi responsável por 24% dos custos com mão de obra, seguida pela colheita e plantio, 23,1% e 14,2% respectivamente, todos os valores são apresentados na Tabela 6. Nos levantamentos iniciais do Módulo feitos por Mata (2016), verificou-se que nos anos de 2012, 2013 e 2014, as capinas ocuparam, respectivamente, 32,63%, 32,73% e 31,13% da mão de obra. Esta redução se deu em virtude de mudanças no manejo da área, principalmente pela adoção do sistema de irrigação localizada por gotejamento. Em seu trabalho, Batista et al. (2009), afirmam que a irrigação localizada diminui a incidência de ervas daninhas por reduzir a faixa molhada entre linhas de cultivo.

O manejo da irrigação por gotejamento, isto é, instalação e reparos nas fitas gotejadoras representou 4,9% da mão de obra, sendo que no ano anterior ocupou a terceira posição em maior gasto de mão de obra, um valor relativo de 16,5% do total (SILVA, 2018). Essa redução pode ser explicada pela troca gradual das mangueiras, onde a qualidade do produto dispensou reparações ao longo do ano.

No que se refere ao uso de mecanização, intensificou-se o uso do micro trator e reduziu-se drasticamente o uso do trator (50 HP) com encanteirador, em relação ao ano agrícola anterior. fato esse pela maior disponibilidade da força de mão de obra, optou-se assim por evitar o uso de maquinário de maior impacto ao solo, buscando preservar suas propriedades físicas, intensificando o levantamento manual dos canteiros.

O emprego de trator com carreta e com triturador juntos oneraram os custos com a mecanização, sendo ambas relacionadas à atividade de manejo da biomassa, considerada um dos pilares do funcionamento do sistema de manejo do Módulo (Tabela 6); também, é possível notar que o uso da roçadeira costal é imprescindível no dia a dia, uma vez que é empregada tanto em atividades de manutenção quanto no manejo da biomassa.

Tabela 6. Detalhamento dos custos com mão de obra e mecanização empregados no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Atividades	Preço R\$/U	Gasto H/H ou H/M	Custo Total H/H ou H/M	%
Adubação	9,03	61,05	551,30	3,2
Aplicação de cobertura morta	9,03	57,55	519,68	3,1
Capina	9,03	450,75	4.070,27	24,0
Colheita	9,03	433,52	3.914,69	23,1
Controle fitossanitário	9,03	13,42	121,18	0,7
Compostagem	9,03	6,99	63,12	0,4
Coveamento	9,03	3,43	30,97	0,2
Fabricação de adubo	9,03	32,16	290,40	1,7
Irrigação	9,03	92,34	833,83	4,9
Levantamento manual de canteiros	9,03	72,77	657,11	3,9
Manejo da biomassa	9,03	162,04	1.463,22	8,6
Manutenção	9,03	2,02	18,24	0,1
Montagem de Estruturas	9,03	9,50	85,79	0,5
Organização	9,03	3,49	31,51	0,2
Plantio	9,03	266,63	2.407,67	14,2
Processamento	9,03	56,67	511,73	3,0
Produção de sementes	9,03	28,24	255,01	1,5
Sulcar	9,03	4,27	38,56	0,2
Tratos culturais	9,03	123,06	1.111,23	6,5
Total H/H		1.879,90	16.975,52	100
Debulhadora	20	1,31	26,2	0,2
Roçadeira costal	20	107,35	2147	20,0
Micro Trator (Tobata)	50	25,57	1.278,5	11,9
Trator com carreta	70	17,92	1.254,4	11,7
Trator com encanteirador	140	5,45	763	7,1
Trator com grade niveladora	140	4,98	697,2	6,5
Trator com roçadeira	140	1,57	162,4	1,5
Trator com sulcador	140	0,33	46,2	0,4
Trator com triturador	140	29,52	4.132,8	38,5
Trator com triton	140	1,63	228,2	2,1
Total H/M		195,63	10.735,90	100
TOTAL GERAL			27.711,42	

Os insumos adquiridos fora do sistema de produção representam menos de 20% do total dos custos variáveis. Mais de 75% do custo da fertilização do módulo é com o uso do composto fermentado do tipo bokashi. O farelo de mamona é o segundo fertilizante mais utilizado, no ano agrícola 2018/19, representando um custo com esse insumo de aproximadamente 20% total. O maior custo dentre os insumos adquiridos foi com a aquisição de mudas e sementes (Tabela 07), ainda que as mudas sejam produzidas localmente (dentro da Fazendinha Agroecológica Km 47), dispensando frete. O valor usado para a aquisição de mudas é referente aos gastos para a produção das mesmas, levantamento realizado rigorosamente pelo setor de produção de mudas local sendo em média de R\$ 6,88 por bandeja

de hortaliça. Sob este valor é acrescentado adicional de quase 50%, simulando a taxa de lucro de um produtor de mudas, o que resulta em um valor médio de R\$ 10,00 por bandeja. Este valor não está distante do preço de mudas convencionais da Baixada fluminense (R\$ 8,00 por bandeja). O produtor orgânico de mudas, mais próximo, localiza-se em Petrópolis/RJ com o valor de R\$ 18,00 por bandeja.

Tabela 7. Insumos utilizados no ano agrícola 2017/2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Tipo	Descrição	Consumo	Custo (R\$)	%
Adubação	Bokashi (kg)	2.496,50	2.271,82	27,74
	Torta de mamona (kg)	458,00	595,40	7,27
	Sulfato de potássio (kg)	6,50	38,22	0,47
	Fosfato natural (kg)	18,00	70,56	0,86
Total		2.979	2.976,00	36,34
Controle fitossanitário	Calda bordalesa (L)	1,02	0,51	0,01
	Calda sulfocálcica (L)	0,20	2,00	0,02
	Óleo de neen (L)	0,43	26,78	0,33
	<i>Bacillus thuringiensis</i> (L)	0,38	16,88	0,21
Total		2,03	46,17	0,56
Mudas e sementes	Mudas (bandejas)	416,00	4.160,00	50,79
	Sementes (Kg)	6,97	1.008,03	12,31
Total		422,97	5.168,03	63,10
TOTAL GERAL			8.190,20	100,00

4.1.3 Receitas Bruta, Líquida e Viabilidade Financeira nos Diferentes Cenários de Comercialização

Por se tratar de um órgão público e interinstitucional, a produção da Fazendinha Agroecológica Km 47 não pode ser comercializada, toda a produção de hortaliças do Módulo é destinada ao restaurante da UFRRJ. Para realizar a avaliação da eficiência agroeconômica da área foi simulada a comercialização dos 41 tipos de hortaliças e dois produtos produzidos (incluindo fubá e canjiquinha) nos seguintes cenários de comercialização: a) mercado orgânico, representado pela Feira da Glória, pertencente ao Circuito Carioca de Feiras Orgânicas¹; b) mercado convencional, a partir dos preços praticados na Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA/RJ); e, c) mercado institucional, representado pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), simulações essas feitas em todos os anos de cultivo, desde a implantação em 2011.

Além dos valores pagos aos produtos, os custos para a comercialização em cada cenário também foram estimados, considerando a realização de uma entrega/venda por semana ao longo de todo o ano agrícola (Tabela 8), pois embora a quantidade de hortaliças produzidas decresça no período de primavera/verão (Figura 12) o escoamento semanal ainda se faz necessário dado a precibilidade das hortaliças tais como quiabo, taioba, bertalha.

Tabela 8. Custos anuais em reais (R\$) para a comercialização da produção do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças nos diferentes mercados, Seropédica/RJ, 2018.

Natureza despesa	Valor semanal	Orgânico	Institucional	Convencional
Mensalidade ABIO	17,5	840	-	-
Participação na feira	47	2.444	-	-
Diária vendedor	80	4.160	-	-
Entrega da produção	200	-	10.400	-
Transporte produção	300	-	-	15.600
Frete (Seropédica x Glória)	400	20.800	-	-
TOTAL		28.244	10.400	15.600

Com relação aos custos de comercialização cabe mencionar que o preço dos combustíveis no Brasil nos últimos anos tem experimentado aumentos progressivos (Figura 11). O que encarece o custo do frete, diminuindo a margem de lucro dos produtores que necessitam escoar sua produção fora do município em que produzem.

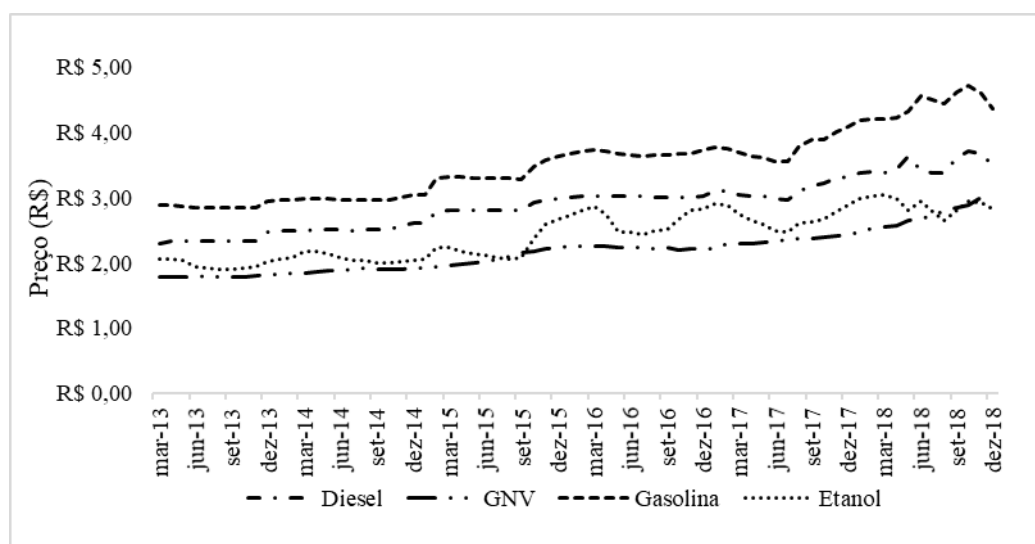


Figura 12. Evolução do preço dos combustíveis no Brasil nos últimos cinco anos (2012/2018). **Fonte:** Dados compilados de ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2019.

É importante esclarecer que no ano de 2018 o país passou por uma greve geral dos caminhoneiros, que teve início dia 21/05/2018, perdurando por dez dias. Segundo o relatório do IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, o setor agropecuário foi um dos mais afetados. Produções animais e vegetais foram impactadas, hortaliças e frutas, foram descartadas por não conseguirem chegar aos centros de distribuição. Tal fato fez com que o valor na gondola dessas culturas, durante e alguns dias após a greve, alcançasse patamares absurdos. Assim sendo, para calcular o valor médio do produto advindo da Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA/RJ) foram excluídos os preços desse período.

O detalhamento das colheitas, assim como os valores unitários de cada hortaliça nos três tipos de mercados considerados constam na Tabela 9. É nítida a diferença em termos de receita entre os canais de comercialização; enquanto a receita bruta considerando a comercialização na Feira da Glória, isto é, no mercado orgânico, chega ao montante de R\$ 184.527,72, nos mercados institucional e convencional os valores são de R\$ 122.984,57 e R\$

46.956,87, respectivamente, valores inferiores ao valor da comercialização no mercado orgânico na ordem de 33,36% e 75,21%.

A sazonalidade na produção se reflete na sazonalidade da renda bruta (RB) ao longo do ano (Figura 12). A RB vai de mais de R\$ 15.000,00 por mês entre os meses de maio a outubro para menos de R\$ 5.000,00 por mês em dezembro, janeiro e fevereiro. , os valores nos meses de verão se dá pelo uso de estratégias do processamento de produtos do milho, já citado anteriormente.

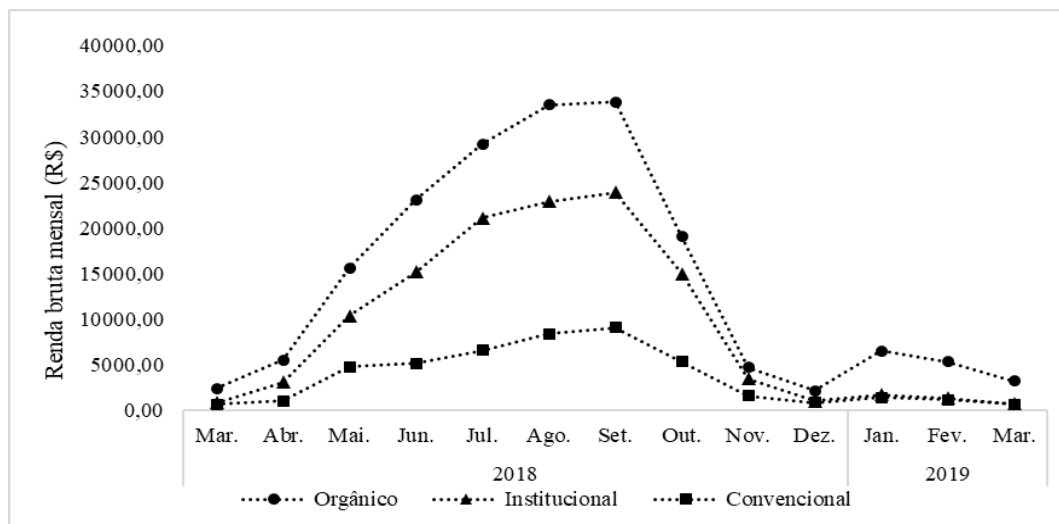


Figura 13. Receita bruta mensal proveniente da produção do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças nos diferentes cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018.

Os picos observados nos meses de outono/inverno (Figura 13), devem-se a produção de hortaliças folhosas, tais como alface e chicória, aliado ao preço elevado destes produtos nos mercados orgânico e institucional, principalmente, gerando renda alta nos meses dessas estações.

Tabela 9. Detalhamento da colheita e receita bruta por cultura do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Cultura	Forma de venda	Produção (unid.)	Produção (kg)	Preço (R\$)			Receita (R\$)			Percentual %		
				Orgânico	Institucional	Convencional	Orgânico	Institucional	Convencional	Orgânico	Institucional	Convencional
Acelga	unid.	259,00	121,50	3,00	2,26	1,75	777,00	585,34	453,25	0,42	0,48	0,97
Alface Americana	unid.	4.904,00	1.840,38	3,00	2,28	0,67	14712,00	11181,12	3285,68	7,97	9,09	7,00
Alface Crespa	unid.	10.451,00	2.684,74	3,00	2,28	0,67	31353,00	23828,28	7002,17	16,99	19,38	14,91
Alface Lisa	unid.	7.765,00	1.694,00	3,00	2,28	0,67	23295,00	17704,20	5202,55	12,62	14,40	11,08
Alface Romana	unid.	729,00	115,00	3,00	2,28	0,67	2187,00	1662,12	488,43	1,19	1,35	1,04
Alface Vermelha	unid.	3.236,00	739,30	3,00	2,28	0,67	9708,00	7378,08	2168,12	5,26	6,00	4,62
Banana	Kg	243,80	243,80	8,00	4,39	2,45	1950,40	1070,28	597,31	1,06	0,87	1,27
Batata Doce	Kg	384,00	384,00	10,00	4,52	1,50	3840,00	1735,68	576,00	2,08	1,41	1,23
Bertalha	Molho	645,20	322,60	2,50	1,66	1,28	1613,00	1071,03	825,86	0,87	0,87	1,76
Beterraba	Kg	86,00	86,00	6,00	4,00	1,30	516,00	344,00	111,80	0,28	0,28	0,24
Bucha	unid.	140,00	87,90	10,00	6,50	5,00	1400,00	910,00	700,00	0,76	0,74	1,49
Canjiquinha	Kg	114,00	114,00	15,00	3,38	2,75	1710,00	385,32	313,50	0,93	0,31	0,67
Capim Limão	Molho	72,33	21,70	2,50	1,95	1,50	180,83	141,05	108,50	0,10	0,11	0,23
Capuchinha	Kg	269,00	5,38	5,00	6,50	5,00	1345,00	1748,50	1345,00	0,73	1,42	2,86
Cebolinha	Molho	931,88	372,75	3,00	3,40	1,55	2795,63	3168,38	1444,41	1,52	2,58	3,08
Cenoura	Kg	1146,80	1146,80	12,00	4,60	1,83	13761,60	5275,28	2098,64	7,46	4,29	4,47
Chapéu de Bispo	Kg	27,35	27,35	12,00	2,94	2,26	328,20	80,41	61,81	0,18	0,07	0,13
Chicória	unid.	9119,00	2244,50	3,00	2,47	0,56	27357,00	22523,93	5106,64	14,83	18,31	10,88
Coentro	Molho	848,50	169,70	3,00	2,47	0,70	2545,50	2095,80	593,95	1,38	1,70	1,26
Couve	Molho	1026,00	307,80	4,00	2,45	2,10	4104,00	2513,70	2154,60	2,22	2,04	4,59
Espinafre	Molho	92,00	46,00	3,00	2,47	0,84	276,00	227,24	77,28	0,15	0,18	0,16
Erva Doce	Molho	32,00	16,00	2,50	5,20	4,00	80,00	166,40	64,00	0,04	0,14	0,14
Fava Orelha de Sogra	Kg	15,70	15,70	10,00	9,10	7,00	157,00	142,87	109,90	0,09	0,12	0,23
Feijão Preto	Kg	11,20	11,20	22,00	2,92	2,25	246,40	32,70	25,20	0,13	0,03	0,05
Gergelim Preto	Kg	8,50	8,50	60,00	32,50	25,00	510,00	276,25	212,50	0,28	0,22	0,45
Laranja Bahia	Kg	245,00	245,00	15,00	3,44	1,66	3675,00	842,80	406,70	1,99	0,69	0,87
Laranja Lima	Kg	201,60	201,60	8,00	3,44	1,66	1612,80	693,50	334,66	0,87	0,56	0,71
Manjerição	Molho	34,67	10,40	2,50	3,25	2,50	26,00	112,67	26,00	0,01	0,09	0,06
Maxixe	Kg	3,50	3,50	9,00	2,60	2,00	31,50	9,10	7,00	0,02	0,01	0,01
Fubá	Kg	360,00	360,00	16,00	3,22	2,48	5760,00	1159,20	892,80	3,12	0,94	1,90

Mungo/Moiashe	Kg	16,00	8,00	9,00	7,80	6,00	72,00	124,80	48,00	0,04	0,10	0,10
Nirá	Molho	41,50	41,50	25,00	42,25	35,00	1037,50	1753,38	1452,50	0,56	1,43	3,09
Ora-pro-Nobis	Molho	132,00	66,00	2,50	2,60	2,00	330,00	343,20	264,00	0,18	0,28	0,56
Pepino	Kg	325,60	325,60	12,00	2,52	1,95	3907,20	820,51	634,92	2,12	0,67	1,35
Pimenta Biquinho	Kg	102,85	102,85	55,00	39,00	30,00	5656,75	4011,15	3085,50	3,07	3,26	6,57
Quiabo	Kg	404,00	404,00	18,00	3,17	3,17	7272,00	1280,68	1280,68	3,94	1,04	2,73
Rabanete	Kg	186,20	186,20	9,00	2,60	2,00	1675,80	484,12	372,40	0,91	0,39	0,79
Rúcula	Molho	768,04	384,02	3,00	2,56	1,95	1152,06	1966,18	748,84	0,62	1,60	1,59
Salsa	Molho	236,25	94,50	3,00	3,40	4,89	708,75	803,25	462,11	0,38	0,65	0,98
Taioba	Molho	185,00	55,50	3,00	0,85	0,70	555,00	157,25	129,50	0,30	0,13	0,28
Tomate Cereja	Kg	228,80	228,80	16,00	7,80	6,00	3660,80	1784,64	1372,80	1,98	1,45	2,92
Vagem Alessa	Kg	129,20	129,20	5,00	3,02	2,41	646,00	390,18	311,37	0,35	0,32	0,66
Total			15.673,27				184.527,72	122.984,57	46.956,87			

Obs.: Produção referente ao peso fresco

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. Os valores gastos com o frete até a zona sul do município do Rio de Janeiro/RJ somado aos custos com vendedores e de participação nas feiras orgânicas, resultam em um custo de comercialização orgânico 63,16% e 44,61% superior ao canal institucional e convencional, respectivamente (Tabela 8).

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, 2018). Esta feira abre um precedente histórico aproximando agricultores e consumidores, diminuindo os custos de comercialização destes agricultores e praticando preços mais baixos e acessíveis a 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.

A receita líquida obtida no mercado orgânico também é superior à dos demais mercados analisados, ainda que os custos para a comercialização deste canal sejam mais elevados. No que se refere à relação custo/benefício, onde valores iguais ou maiores que 1 indicam situações economicamente viáveis e inferiores a 1, o contrário, somente a comercialização no mercado convencional não se mostrou viável (Tabela 10).

Tabela 10. Parâmetros econômicos do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças em três cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018..

Parâmetros econômicos	Cenários de comercialização					
	Feira Orgânica	%	Mercado institucional (PNAE)	%	Mercado não orgânico (CEASA)	%
Custo fixo anual ¹	4.654,09	6,25	4654,09	8,22	4654,09	7,53
Custo variável ¹	41.534,65	55,80	41534,65	73,40	41534,65	67,22
Custo com comercialização	28.244,00	37,95	10400,00	18,38	15600,00	25,25
Custo operacional total	74.432,74	100	56588,74	100	61788,74	100
Receita bruta	184.527,72		122984,57		46956,86	
Receita bruta mensal	15.377,31		10248,71		3913,07	
Receita líquida	110.094,97		66395,83		-14831,88	
Receita líquida mensal	9.174,58		5532,99		-1235,99	
Relação custo-benefício	2,48		2,17		0,76	

¹Os valores relativos aos custos fixos anual e variável referem-se aos valores monetários reais obtidos no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças e, por isso, se encontram repetidos nos três cenários de comercialização apresentados.

A análise dos valores obtidos também pode ser feita de modo a considerar a realidade contábil da maioria dos agricultores familiares produtores de hortaliças, cujos quais, via de regra, não incorporam no cálculo de custos itens como depreciação e remuneração do trabalho familiar. Na Tabela 11 estão discriminados os parâmetros econômicos com os custos de força de trabalho e depreciação suprimidos.

Tabela 11. Parâmetros econômicos do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças sem o valor da remuneração da mão de obra familiar e da depreciação, em três cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018.

Parâmetros econômicos	Cenários de comercialização					
	Feira Orgânica	%	Mercado institucional (PNAE)	%	Mercado não orgânico (CEASA)	%
Custo fixo anual ¹	1.440,00	2,65	1440,00	3,96	1440,00	3,46
Custo variável ¹	24.559,13	45,28	24559,13	67,47	24559,13	59,04
Custo com comercialização	28.244,00	52,07	10400,00	28,57	15600,00	37,50
Custo operacional total	54.243,13	100	36399,13	100	41599,13	100,00
Receita bruta	184.527,72		122984,57		46956,86	
Receita bruta mensal	15.377,31		10248,71		3913,07	
Receita líquida	130.284,59		86585,44		5357,73	
Receita líquida mensal	10.857,05		7215,45		446,48	
Relação custo-benefício	3,40		3,38		1,13	

¹Os valores relativos aos custos fixos anual e variável referem-se aos valores monetários reais obtidos no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças e, por isso, se encontram repetidos nos três cenários de comercialização apresentados.

No cenário de não remuneração da força de trabalho familiar e da depreciação, os três canais de comercialização assumem valores de custo/benefício superiores a 1 e por isso, são considerados economicamente viáveis, entretanto, ressalta-se a baixa renda líquida mensal obtida na comercialização no mercado convencional, sendo menor que o atual salário mínimo (R\$ 954,00). Vale ressaltar que quanto mais próximo de 1 os valores de custo/benefício indicam que as receitas geradas foram o suficiente apenas para pagar os custos com a produção, desse modo, pode-se dizer que o agricultor apenas não teve prejuízos, mas trabalhou e usou a terra sem margens de lucro ou sobra de caixa. Além disso, pode-se inferir que os agricultores que comercializam sua produção somente para o CEASA encontram-se em uma situação de risco e instabilidade, imprevistos na produção que ocasionem grandes perdas podem gerar prejuízos, endividamentos e, em consequência, êxodo de agricultores e jovens do campo para a cidade em busca de trabalho com melhor remuneração e sensação de estabilidade. Ainda temos a realidade dos atravessadores, que se colocam entre o produtor e o CEASA, diminuindo mais ainda o lucro do produtor.

Mantendo a supressão dos custos com mão de obra e a depreciação, mas considerando o valor que seria destinado ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) de três trabalhadores por 12 meses, apenas os mercados orgânico e institucional podem ser considerados economicamente viáveis, com relação custo/benefício acima de 1 (Tabela 12).

Tabela 12. Parâmetros econômicos do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças com o valor do INSS e sem o valor da remuneração da mão de obra e custo de depreciação, em três cenários de comercialização, Seropédica/RJ, 2018.

Parâmetros econômicos	Cenários de comercialização					
	Feira Orgânica	%	Mercado institucional (PNAE)	%	Mercado não orgânico (CEASA)	%
Custo fixo anual ¹	1440,00	2,02	1440,00	2,70	1440,00	2,46
Custo variável ¹	41534,65	58,32	41534,65	77,82	41534,65	70,91
Custo com comercialização	28244,00	39,66	10400,00	19,48	15600,00	26,63
Custo operacional total	71218,65	100	53374,65	100	58574,65	100
Receita bruta	184527,72		122984,57		46956,86	
Receita bruta mensal	15377,31		10248,71		3913,07	
Receita líquida	113309,07		69609,92		-11617,79	
Receita líquida mensal	9442,42		5800,83		-968,15	
Relação custo-benefício	2,59		2,30		0,80	

¹Os valores relativos aos custos fixos anual e variável referem-se aos valores monetários reais obtidos no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças e, por isso, se encontram repetidos nos três cenários de comercialização apresentados.

Os valores de relação-custo benefício apresentados na Tabela 12 são positivos para os mercados orgânico e institucional, enquanto que a relação-custo benefício do mercado convencional voltou a ser inferior a 1, com um prejuízo de R\$ 3.913,07.

Dois pontos precisam ser esclarecidos, o primeiro é que consideramos que toda a produção é escoada, o que na prática nem sempre ocorre, devido a perdas no transporte, no manuseio dos produtos pelos consumidores, a não venda de produtos levados a feira, dentre outros fatores. Não há na literatura trabalhos referentes ao percentual de não vendas e de perdas de hortaliças para as condições da Baixada Fluminense; entretanto, se tem discutido sobre o atual modelo de desenvolvimento agrícola que aproximadamente 30% que se produz é desperdiçado (VAL, 2012), para produtos sensíveis como hortaliças essas perdas podem alcançar maiores patamares, como mostra um estudo realizado em Vitória de Santo Antão/PE, onde a perda em hortaliças folhosas chegavam até 43,33%, onde o maior entrave é o processo de transporte (CANEL, 2014).

Outro ponto diz respeito ao mercado institucional. De acordo com a Resolução/CD/FNDE nº 25/2012, cada agricultor familiar pode comercializar anualmente via PNAE o valor limite de R\$ 20.000,00. De tal forma que apenas 16,26% do total colhido no módulo de cultivo no agrícola 2018/2019 poderia ser escoado por esse canal, se apenas um agricultor fosse cadastro na família.

Recomenda-se também que nos próximos anos de acompanhamento da viabilidade econômica deste experimento seja simulado cenários onde se mesquem o mercado institucional com o orgânico e com o convencional.

Ambos os pontos levantados demonstram a importância da diversificação de canais de comercialização, dando-se preferência aos circuitos curtos de comercialização, para Viegas et al. (2017) esses circuitos são importantes também para observar os princípios agroecológicos, fortalecendo a produção orgânica e promovendo uma segurança financeira ao produtor.

4.2 Balanço Parcial de Nutrientes

Em sistemas de produção é imprescindível a otimização dos recursos, buscando sempre a eficiência econômica e energética, sem prejudicar os recursos naturais envolvidos, como o solo, recursos hídricos e o ar. Assim, atividades que monitoram a ciclagem dos

nutrientes, fluxos e balanços tornam-se importantes ferramentas na busca da sustentabilidade do sistema.

Em se tratando de sistemas de produção de hortaliças, qualificados como altamente exportadores de nutrientes e de ciclos relativamente curtos, os resultados obtidos neste tipo de estudo são importantes para imprimir alterações e ajustes ao manejo do solo e na dinâmica de fertilizações, preservando o solo e mantendo boas margens de lucro. Uma vez que a exportação é mais intensa na região do policultivo e telados, para a análise de nutrientes, a área do módulo foi dividida em duas, conforme mencionado, sendo a área de uso mais intensivo denominada de gleba 1 e a área destinada aos cultivos menos intensivos e produção de biomassa de gleba 2.

4.2.1 Entradas de nutrientes (*inputs*)

Todas as fontes de adubação utilizadas no módulo de cultivo, sendo elas internas ou externas à Fazendinha Agroecológica Km 47, são consideradas como entradas de nutrientes no sistema. São fontes internas cobertura vegetal (viva ou morta) e composto orgânico, e externas o farelo de mamona, o sulfato de potássio e o fosfato natural. O composto fermentado tipo bokashi é produzido no módulo, contudo a partir de ingredientes adquiridos externamente (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13. Umidade, análise elementar e consumo de fertilizantes utilizados no agrícola 2018/2019 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Fontes de adubação	Consumo (kg)	Umidade %	N	P	K	Ca	Mg
			g.kg ⁻¹				
Bokashi	2.472	26,14	40,80	3,90	11,50	3,30	3,50
Torta de mamona	458	8,20	52,30	4,50	10,40	8,00	0,90
Sulfato de potássio	6	4,00	0,00	0,00	480,00	0,00	0,00
Fosfato natural	18	5,00	0,00	180,00	0,00	180,00	70,00
Composto vegetal	2.128	48,20	15,50	1,50	6,80	2,60	1,70
Capim elefante + gliricídia	2.401	21,00	29,00	2,60	14,50	8,80	4,70

Tabela 14. Entradas de nutrientes através das fontes de adubação utilizadas no agrícola 2018/19 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ

Fontes de adubação	Local	Peso fresco (kg)	Peso seco (kg)	N	P	K	Ca	Mg
				Kg				
Bokashi	Gleba 1	2.448	1808,46	73,79	7,05	20,80	5,97	6,33
	Gleba 2	23,00	16,99	0,69	0,07	0,20	0,06	0,06
Torta de mamona	Gleba 1	273,00	250,61	13,11	1,13	2,61	2,00	0,23
	Gleba 2	185,00	169,83	8,88	0,76	1,77	1,36	0,15
Sulfato de potássio	Gleba 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Gleba 2	6,24	5,99	0,00	0,00	2,88	0,00	0,00
Fosfato natural	Gleba 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Gleba 2	18,00	17,10	0,00	3,08	0,00	3,08	1,20
Composto vegetal	Gleba 1	2127,69	1102,14	17,08	1,65	7,49	2,87	1,87
	Gleba 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Capim elefante + gliricídia	Gleba 1	2401,00	1896,79	55,01	4,93	27,50	16,69	8,91
	Gleba 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		7.482	5267,92	168,56	18,67	63,24	32,02	18,75

O composto vegetal em sua maioria e principalmente a cobertura vegetal são produzidos na gleba 2 e adicionados na gleba 1, representando uma ciclagem de nutrientes e energia internamente. Como o contrário não acontece, na gleba 2 são usados insumos externos como fontes de nutrientes.

4.2.2 Exportação de nutrientes das culturas colhidas (*output*)

A exportação de nutrientes é calculada através das informações de concentrações elementares das espécies cultivadas no Módulo. Como citado na metodologia, por motivos de dificuldade na logística nas coletas de amostras e por não apresentar grandes variações do conteúdo elementar das espécies ao longo ciclos avaliados anteriormente, optou-se em usar valores encontrados no ano anterior por Silva (2018), apresentados na Tabela 15. Destaca-se a grande concentração de potássio exportado nas hortaliças folhosas e temperos, muitas vezes superior à de nitrogênio.

Tabela 15. Umidade e análise elementar das espécies cultivadas no ano agrícola 2017/2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças. Adaptado de Silva (2018).

Cultivo	Produção (kg)	Umidade (%)	g.kg ⁻¹				
			N	P	K	Ca	Mg
Alface americana	1840,38	83,34	30,10	6,52	41,07	12,74	5,69
Alface Romana	115,00	89,23	27,85	5,55	34,93	12,21	3,90
Alface crespa	2684,74	91,22	27,70	4,93	30,92	9,38	3,05
Alface lisa	1694,00	90,92	27,40	5,96	36,00	17,19	3,56
Alface vermelha	739,30	91,43	26,20	4,80	31,72	9,52	3,28
Banana	243,80	55,00	19,70	2,50	66,00	2,10	3,20
Batata-doce	384,00	60,56	4,80	1,39	7,47	0,61	0,61
Bertalha	322,60	93,22	24,10	6,94	28,90	9,43	11,76
Beterraba	86,00	87,77	52,70	9,64	45,72	12,83	12,85
Cebolinha	372,65	89,18	34,70	5,42	25,70	19,85	5,49
Cenoura	1146,80	89,06	35,90	13,76	59,01	32,20	8,82
Chicória	2244,50	89,49	21,30	3,55	17,50	6,19	2,66
Coentro	169,70	84,00	47,10	6,92	72,18	10,20	4,16
Couve	307,80	86,20	55,00	8,32	39,73	22,03	5,33
Espinafre	46,00	90,54	36,40	13,61	42,17	15,69	10,42
Laranja	245,40	45,90	19,00	2,30	15,10	5,30	1,30
Milho sabugo e palha	895,00	13,96	48,60	7,37	34,23	12,90	7,81
Milho grão	528,00	12,00	6,80	5,49	11,25	2,04	2,60
Pepino	325,60	95,26	32,30	12,47	49,49	6,05	5,34
Quiabo	404,00	84,20	32,10	6,09	31,14	8,68	6,20
Rabanete	186,20	90,18	73,80	12,33	95,84	38,04	10,48
Rúcula	384,02	91,19	55,70	13,49	51,62	21,04	6,54
Salsa	94,50	86,65	28,40	4,48	43,33	9,52	3,68
Taioba	55,50	86,06	21,80	1,38	5,80	9,94	2,71

Tomate perinha	190,50	84,01	19,70	3,85	22,56	0,99	1,29
Vagem	129,20	92,00	30,40	4,20	14,32	5,09	3,01

Com resultados das análises elementares e a produção das culturas calculou-se a exportação global por elemento N, P, K, Ca e Mg (Tabela 16).

Tabela 16. Exportação de N, P, K, Ca e Mg pelos cultivos no ano agrícola 2018/19 no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Cultivo	Produção (kg)	Peso seco (kg)	N	P	K Kg	Ca	Mg
Alface Romana	115,00	12,39	0,35	0,07	0,43	0,15	0,05
Alface crespa	2684,74	235,72	6,53	1,16	7,29	2,21	0,72
Alface lisa	1694,00	153,82	4,21	0,92	5,54	2,64	0,55
Alface vermelha	739,30	63,36	1,66	0,30	2,01	0,60	0,21
Banana	243,80	109,71	2,16	0,27	7,24	0,23	0,35
Batata-doce	384,00	151,45	0,73	0,21	1,13	0,09	0,09
Bertalha	322,60	36,98	0,53	0,15	0,63	0,21	0,26
Beterraba	86,00	30,65	0,55	0,10	0,48	0,13	0,14
Cebolinha	372,65	43,44	1,40	0,22	1,04	0,80	0,22
Cenoura	1146,80	53,67	4,50	1,73	7,40	4,04	1,11
Chicória	2244,50	273,82	5,02	0,84	4,13	1,46	0,63
Coentro	169,70	25,40	1,28	0,19	1,96	0,28	0,11
Couve	307,80	159,56	2,34	0,35	1,69	0,94	0,23
Espinafre	46,00	5,39	0,16	0,06	0,18	0,07	0,05
Laranja	245,40	311,67	2,52	0,31	2,00	0,70	0,17
Milho sabugo e palha	895,00	323,51	37,42	5,68	26,36	9,93	6,01
Milho grão	528,00	234,77	3,16	2,55	5,23	0,95	1,21
Pepino	325,60	11,22	0,50	0,19	0,76	0,09	0,08
Quiabo	404,00	11,39	2,05	0,39	1,99	0,55	0,40
Rabanete	186,20	5,05	1,35	0,23	1,75	0,70	0,19
Rúcula	384,02	10,92	1,88	0,46	1,75	0,71	0,22
Salsa	94,50	22,74	0,36	0,06	0,55	0,12	0,05
Taioba	55,50	12,14	0,17	0,01	0,04	0,08	0,02
Tomate cereja	190,50	16,60	0,60	0,12	0,69	0,03	0,04
Vagem	129,20	3,48	0,31	0,04	0,15	0,05	0,03
Total	15835,19	2625,45	90,98	18,59	95,01	31,68	14,87

Potássio foi o nutriente mais exportado em 2018 (95,01 kg), seguido pela exportação de nitrogênio de (90,98 kg). As exportações de potássio e nitrogênio é explicada pelo volume de produção de folhosas e temperos, também observada nos anos de 2011 a 2017 no Módulo (MATA, 2012; 2015, PIAN, 2016; 2019, SILVA, 2018), isto é o K é requerido em grande quantidade por hortaliças (ZÖRB *et al.*, 2014) e, geralmente, fertilizantes orgânicos possuem baixa concentração desse nutriente. É importante que, munidos dessa informação, sejam desenvolvidas estratégias de fertilização que forneçam o potássio requerido. É importante que essa necessidade seja suprida, pois o K é um nutriente essencial ao desenvolvimento da planta, que favorece a formação e translocação de carboidratos e o uso eficiente da água pela

planta e melhora a qualidade celular e morfológica do produto e, conseqüentemente, o valor de mercado (CECÍLIO FILHO et al., 2016).

4.3 Balanço de Nutrientes

O balanço parcial de nutrientes é obtido da diferença entre as entradas (*inputs*), via fertilização e saídas (*outputs*) por meio das colheitas (Tabela 17). Considerando o universo da gleba 1, o balanço de K e P apresentam valores negativos, com pronunciamento do déficit de K. Nessa mesma área, ao decorrer dos anos agrícolas o balanço de K sofre variações, mas sempre negativo. Apesar de ser conhecida a alta exigência desse nutriente para a produção de hortaliças (SALGADO et al., 2006; SEDIYAMA et al., 2016; SILVA; SILVA; KLAR, 2017), ainda não foi possível selecionar uma fonte e uma dose capaz de suprir essa necessidade. No ano agrícola em questão a extração foi maior que no ciclo de 2017 na ordem de 19,16 kg (SILVA, 2018), uma vez que se intensificou a produção de folhosas, aumentando a diversificação e a produção das mesmas.

Tabela 17. Balanço parcial de nutrientes do Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças, Seropédica/RJ, 2018.

Cultura	ΔN	ΔP	ΔK	ΔCa	ΔMg
	Kg				
Alface americana	4,31	-0,73	-7,40	-1,43	-0,10
Alface crespa	17,04	1,08	1,83	2,14	2,16
Alface lisa	12,90	0,69	1,75	1,16	1,78
Alface Romana	0,40	0,00	-0,22	-0,09	0,02
Alface vermelha	8,00	0,61	2,12	1,56	1,11
Bertalha	4,63	0,35	1,20	0,56	0,31
Beterraba	1,05	0,05	-0,01	0,07	-0,03
Capim Limão	0,23	0,02	0,11	0,04	0,03
Capuchinha	0,73	0,07	0,21	0,06	0,06
Cebolinha	0,75	-0,01	-0,42	-0,62	-0,04
Cenoura	0,02	-1,29	-6,13	-3,67	-0,72
Chicória	17,61	1,31	5,09	3,15	2,30
Coentro	0,94	0,03	-1,30	-0,06	0,07
Couve	2,83	0,13	-0,05	-0,19	0,22
Espinafre	0,17	-0,03	-0,04	-0,01	-0,01
Feijão de Porco	7,66	0,31	0,18	1,24	2,75
Milho grão	5,55	-1,79	-3,46	0,41	-1,06
Milho sabugo e palha	-36,28	-5,68	-26,36	-9,93	-6,01
Mucuna Cinza	56,35	2,46	1,87	9,66	6,19
Nirá	0,28	0,02	0,06	0,04	0,00
Pepino	3,17	0,17	0,30	0,21	0,24
Pimenta Biquinho	3,48	0,32	1,76	1,05	0,57
Rúcula	2,56	-0,02	-0,47	-0,35	0,17
Salsa	1,61	0,13	-0,02	0,09	0,09
Taioba	1,54	0,15	0,35	0,15	0,05
Tomate perinha	1,12	0,08	0,34	0,54	0,28

Vagem	-0,30	-0,04	-0,15	-0,05	-0,03
Subtotal G1	118,33	-1,61	-28,87	5,73	10,39
Banana	-0,48	-0,13	-6,91	0,03	-0,32
Batata-doce	-0,73	-0,21	-1,13	-0,09	-0,09
Capim	-103,14	-48,10	-8,35	-34,78	-24,30
Crotalaria Juncea	10,99	0,31	0,28	2,18	0,86
Gliricídia	-35326,38	-101,64	-159,59	-15,37	-55,94
Quiabo	-1,14	-0,30	-1,73	-0,48	-0,32
Subtotal G2	-35420,88	-150,08	-177,43	-48,51	-80,11
Total Geral	-35302,56	-151,69	-206,31	-42,78	-69,72

Δ = Balanço do nutriente, sendo a diferença entre o que entrou no sistema (*inputs*) via fertilizações e aplicação de cobertura vegetal morta e o que saiu (*outputs*) via extração de nutrientes e especificamente para o nitrogênio, somada a volatilização de amônia.

A gleba 2, representante da área produtora de biomassa e faixas de produção olerícolas pouco exploradas apresenta déficit para todos os nutrientes. Tal resultado é reflexo da elevada exportação ocorrida por meio da biomassa de gliricídia e capim elefante, utilizados após secagem, como fontes de cobertura vegetal morta e compostagem vegetal nos canteiros da gleba 1.

Apesar de ser realizadas fertilizações após cortes do capim elefante via adubação de cobertura a base de farelo de mamona (500 kg ao longo do ano), não tem sido feita em quantidade suficiente para suprir toda a demanda nutricional do mesmo. Ademais, desde a implantação do módulo de cultivo, as faixas cultivadas com gliricídia não receberam nenhum tipo de aporte via adubação, uma vez que, dada a quantidade expressiva desta espécie na área (mais de 1500 pés em diferentes fases de desenvolvimento), a adubação implicaria em aumento nos custos com insumos, assim sendo é preciso um planejamento para fertilização dessas áreas, buscando o parcelamento nas aplicações, a fim de diminuir o impacto financeiro e não negligenciando a fertilização.

Com exceção do potássio, nas áreas de produção intensiva de hortaliças não são apresentados problemas nutricionais, além da fertilização aplicada na base, existem aportes de nutrientes advindos dos resíduos vegetais, fruto da rotação de cultivos no período da primavera/verão, com consórcio de cultivos comerciais com plantas de cobertura de solo, tais como as leguminosas que possuem a capacidade de fazer circular no sistema quantidades expressivas de nutrientes. Na área do policultivo, o consórcio milho+leguminosa (mucuna) sempre antecede o período de cultivo de hortaliças, uma vez que além do milho ser uma fonte geradora de renda no período em que não é possível cultivar espécies folhosas, a palhada deste associada à biomassa da leguminosa proporcionou ao sistema, em março de 2018, quando houve a incorporação dos restos vegetais ao solo um ganho de 232 kg.ha⁻¹ de N, 110kg.ha⁻¹ de P e 302 kg.ha⁻¹ de K.

4.4 Fertilidade dos solos

Foram realizadas análises de solo durante o ano agrícola de 2018 e os resultados obtidos foram avaliados usando geoestatística, foi feito os ajustes dos semivariogramas (Figura 13) e foram gerados mapas para P, K, Ca, Mg e pH, apresentados a seguir nas Figuras 15, 16, 17 e 18.

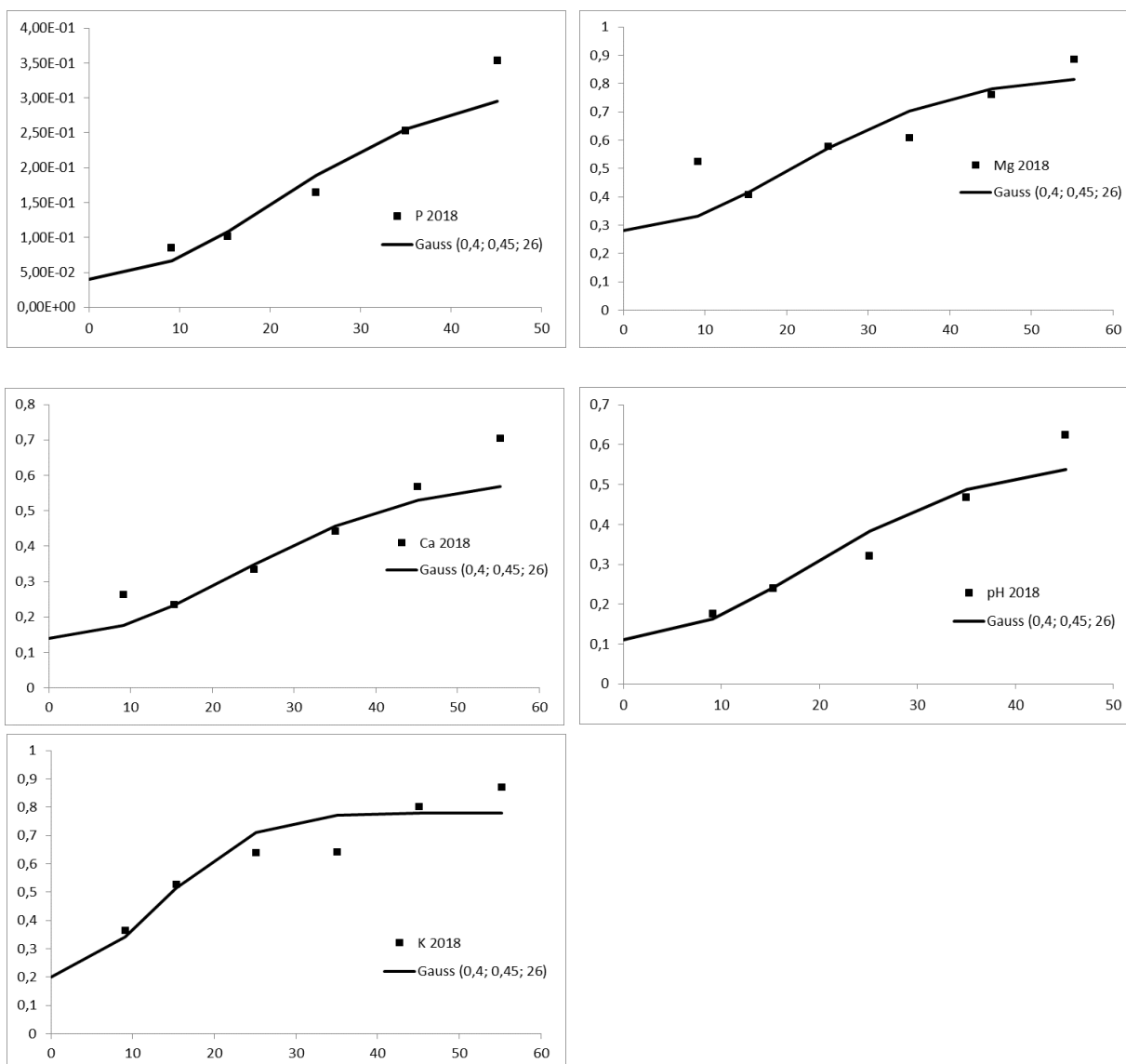


Figura 14 Semivariogramas Experimentais ajustados para análises de fertilidade do solo dos nutrientes P, K, Ca, Mg e pH, do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.

Os mapas da variabilidade espacial dos valores aferidos de pH foram separados em classes com intervalos de valores de 0,5 de pH (Figura 15). Houve variação de 5,04 a 6,89 de pH na área do Módulo, sendo classificado como moderadamente ácidos a neutros, ideais para o cultivo agrícola, segundo classificação de solos do Rio de Janeiro (FREIRE, 2013).

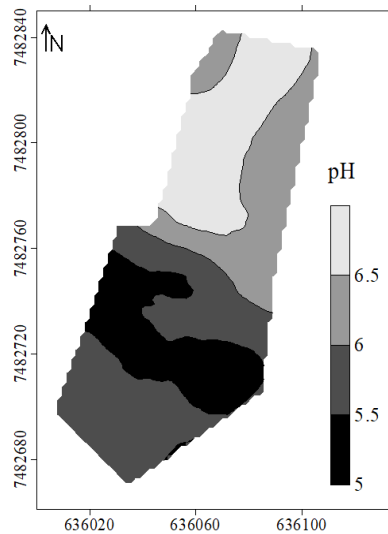


Figura 15. Mapa da variabilidade espacial dos níveis de pH do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças

Pode ser observado no mapa gerado que as porção superior (ao norte) são encontradas as classes mais básicas, nesses locais se encontram a produção intensiva de hortaliças (policultivo, tomate, couve, telados). Na porção inferior, onde é observado as classes inferiores (mais ácidas) são locais onde se concentra a produção de biomassa vegetal (gliricídia e capineira, principalmente). Apesar da diferença em ambas porções, vale ressaltar que os níveis de pH ainda são considerados como ideais para o cultivo de hortaliças em todo o Módulo.

A Figura 16 evidencia que em áreas de produção intensiva de hortaliças os teores de fósforo são classificados como muito altos e apenas nos subsistemas de produção de biomassa de capineira e entre glebas de gliricídia mais ao sul, que os teores são classificados como médios e baixos, seguindo a classificação de solos do Rio de Janeiro proposta por Freire (2013) (baixo, com valores abaixo de 10 mg.dm^{-3} ; médio, com valores entre 11 e 20 mg.dm^{-3} ; alto, com valores entre 21 e 30 mg.dm^{-3} ; e muito alto, com valores acima de 30 mg.dm^{-3}).

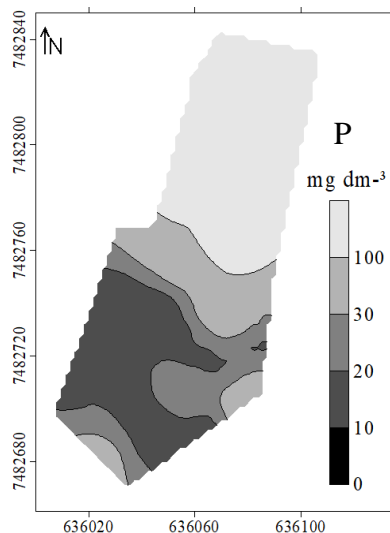


Figura 16. Mapa da variabilidade espacial dos níveis de fósforo do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

É imprescindível que haja a reposição de fósforo (P) em áreas que apresentaram deficiência desse nutriente seja via rochas fosfáticas naturais ou termofosfatos reativos. O P é o elemento que, dentre os essenciais, possui grande importância no estabelecimento de forrageiras, uma vez que tem ação direta na formação do sistema radicular e perfilhamento das forrageiras, principalmente na sua fase de estabelecimento (MOREIRA et al., 2006).

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 (SONMEZ; PIERZYNSKI, 2017).

A variabilidade espacial do potássio (K) (Figura 17) foi dividida em 4 classes seguindo a classificação utilizada no estado do Rio de Janeiro: baixo, com valores abaixo de 45; médio, com valores entre 46 e 90; alto, com valores entre 91 e 135; e muito alto, com valores acima de 135 (FREIRE, 2013). Pode ser observado que o comportamento encontrado para o fósforo se repete, onde novamente as áreas de produção intensiva de hortaliças apresenta valores de potássio superiores às áreas de biomassa. Isso é esperado, uma vez que, o manejo da fertilidade nas áreas de produção de biomassa é negligenciado, além do que, o que é extraído nas áreas de capineira e gliricídia, é incorporado via cobertura morta no policultivo. Apesar de apresentar valores mais elevados que a área de produção de biomassa, no geral a área de produção de hortaliças encontra-se com média disponibilidade do nutriente K.

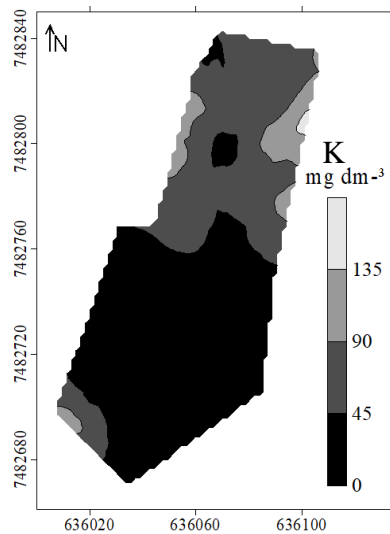


Figura 17. Mapa da variabilidade espacial dos níveis de potássio do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças

Esse tópico já foi discutido anteriormente, mas é importante frisar a importância desse nutriente na produção de hortaliças e sua alta extração a cada ciclo e a baixa concentração do potássio em fertilizantes orgânicos (ZÖRB; SENBAYRAM; PEITER, 2014). É necessário que seja repostado o potássio, impreterivelmente nas áreas de produção de biomassa que são usadas posteriormente como adubação verde na produção de hortaliças. A atual fertilização se baseia nos teores de nitrogênio dos fertilizantes, é importante que, para buscar um equilíbrio no balanço de nutrientes do sistema, seja levado em consideração os teores de potássio dos fertilizantes, assim como, escolhidos fertilizantes que apresentem maiores concentrações de K. Como alternativa, por se tratar do fertilizante mais usado no Módulo, mudar as fontes para a confecção do composto fermentado, buscando matérias primas viáveis ricas em K.

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; médio, com valores entre 2,1 e 6; alto, com valores entre 6,1 e 10; e muito alto, com valores acima de 10 (FREIRE, 2013).

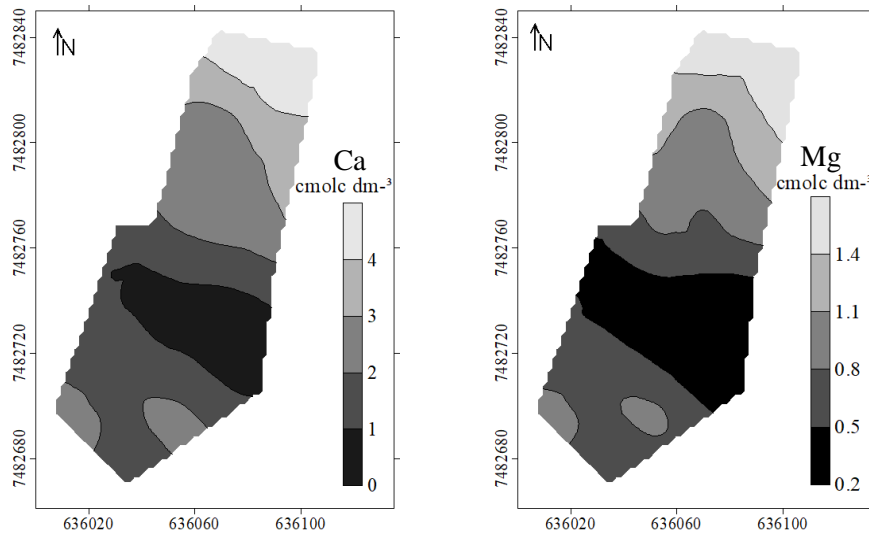


Figura 18 Mapa da variabilidade espacial dos níveis de cálcio e magnésio (respectivamente) do solo no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças

As áreas destinadas à produção de hortaliças estão englobadas como médio teores de cálcio e magnésio (Ca + Mg), segundo essa classificação. A porção sul apresenta valores inferiores, classificados como baixos. Para todos os nutrientes avaliados o comportamento se repete, mostrando a necessidade em repor os nutrientes na área de produção de biomassa, que exporta grandes quantidades de nutrientes, aos quais são retirados via biomassa vegetal manejada para fertilização de hortaliças. Esse procedimento é vital para a continuidade das atividades e manutenção da fertilidade do solo, almejando-se um balanço parcial de nutrientes positivos e conseqüentemente um balanço global positivo.

Por se tratar de um solo com limitações, devido sua textura ser classificada como arenosa e extremamente arenosa, ocasionando fragilidade, difícil formação de agregados e 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 resultados positivos das práticas implantadas no manejo do agroecossistemas. Estes teores podem ser explicadas pela constante adição de fertilizantes orgânicos (EDMEADES, 2003; PARK et al., 2012), 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).

Vale ressaltar que o uso da geoestatística para apresentar a variabilidade espacial e temporal se faz como importante ferramenta para o entendimento dos atributos do solo estudados, observando a dinâmica dos nutrientes e sua relação com os cultivos e uso do solo no sistema de produção, permitindo assim, que sejam monitoradas as áreas do sistema e auxiliando no planejamento e no manejo nutricional do Módulo de cultivo.

4.5 Volatilização de amônia

No geral, as perdas gasosas de nitrogênio não são avaliadas em sistemas orgânicos, negligenciar essas perdas interfere diretamente no planejamento da fertilidade do sistema e tem ação incisiva nos custos de produção, uma vez que sistemas orgânicos são altamente dependentes da dinâmica desse nutriente, já que fontes sintéticas não são permitidas na agricultura orgânica.

O estudo realizado abrangeu a área de maior intensidade produtiva de hortaliças, cinco canteiros foram acompanhados por quatro meses e valores cumulativos semanais são apresentados na Figura 19. É importante esclarecer que o preparo do solo e o manejo de

fertilização na base adotado é o mesmo em todos os canteiros (feita apenas com composto fermentado, 200 kg.ha⁻¹), contudo o número de ciclos, a cultura e o estágio de desenvolvimento dela se diferencia de canteiro para canteiro (Anexo 1).

O canteiro que apresentou maior volatilização no decorrer das 16 semanas de estudo foi o canteiro 3, alcançando um acumulado de 2,09 g.m⁻² de N-NH₃ volatilizado, isto é, uma perda de aproximadamente 21 kg.ha⁻¹ ao longo do ciclo de produção intensivo de hortaliças. Essa diferença pode ser explicada pelas diferenças de uso dos canteiros, sendo em alguns casos aplicadas maiores quantidades de nitrogênio devido ao menor tempo de ocupação de algumas culturas, favorecendo maior número de ciclos.

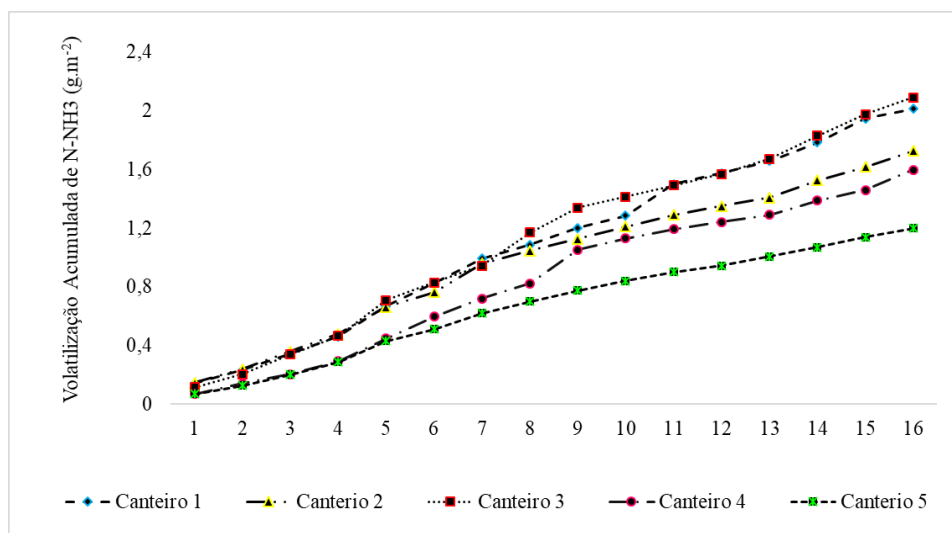


Figura 19. Acumulação semanal do N-NH₃ volatilizado (g.m⁻¹) por canteiro no ano agrícola de 2018 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças

Em média, levando em consideração os resultados encontrados nos cinco canteiros avaliados, a volatilização encontrada para o manejo realizado no Módulo de cultivo de hortaliças foi de 17,3 kg.ha⁻¹, salientando que as características de cultivo da Gleba 1 são distintas da Gleba 2 e esse valor não pode ser generalizado para toda a área.

Diante desse resultado, correlacionado as aplicações de N via composto fermentado e aplicação de cobertura morta nos canteiros avaliados, foi encontrada uma taxa de 3,05% da volatilização via N-NH₃. Esse valor se torna insignificante quando comparado ao sistema convencional, uma vez que não foram encontrados estudos com manejo semelhante.

Em experimento de campo com cana-de-açúcar Costa et al., (2003) encontraram taxas de volatilização de ureia e ureia + sulfato de amônio próximo a 35%. Já Silva (2018) avaliando o desempenho da cana-de-açúcar fertilizada com cama de frango e dejetos suínos encontrou perdas na ordem de 28,1% e 3,2%, respectivamente. Atribuindo a baixa volatilização quando aplicada os dejetos suínos devido ao seu estado líquido, favorecendo a infiltração e aderência ao solo e absorção pela palhada.

Gurgel (2016) investigando o efeito da aplicação de fertilizantes nitrogenados obtidos a partir da mistura de ureia, dos ácidos húmicos e zeólita sobre a volatilização de NH₃ e biomassa de milho encontrou tratamentos em que a volatilização da ureia foi na faixa de 42,08% a 67,9% em solo arenoso.

De acordo com Fontoura e Bayer (2010), as condições climáticas, principalmente temperatura e umidade, são altamente influentes nas perdas por volatilização de amônia. Temperaturas mais altas desencadeiam o processo de volatilização, na Figura pode ser observado que em certos momentos a volatilização de amônia acompanha a temperatura, diminuindo com a queda da temperatura.

A irrigação da área acontece de forma localizada, o que para Carrijo et al., (2004) aumenta a eficiência da adubação, principalmente em solos arenosos, uma vez que concentra a solução próximo a maior densidade de raízes. É possível notar na Figura 20 que ocorre uma diminuição na perda por volatilização em condições de altas precipitações, isso também por ser proporcional a diminuição da temperatura.

Neves et al. (2017), monitorando a umidade do solo nos mesmos pontos em que foi avaliada a volatilização de amônia do presente trabalho, observaram um padrão onde depois de uma chuva, o coeficiente de classificação de Spearman diminuiu e quando o solo se tornou mais seco, a correlação de Spearman volta a aumentar. Essa relação espaço-temporal ligada aos ciclos de umedecimento e secagem pode ser observado na Figura 20, evidenciando a direta relação entre umidade do solo e volatilização de amônia, principalmente em condições climáticas onde temperatura e umidade são fortemente relacionadas.

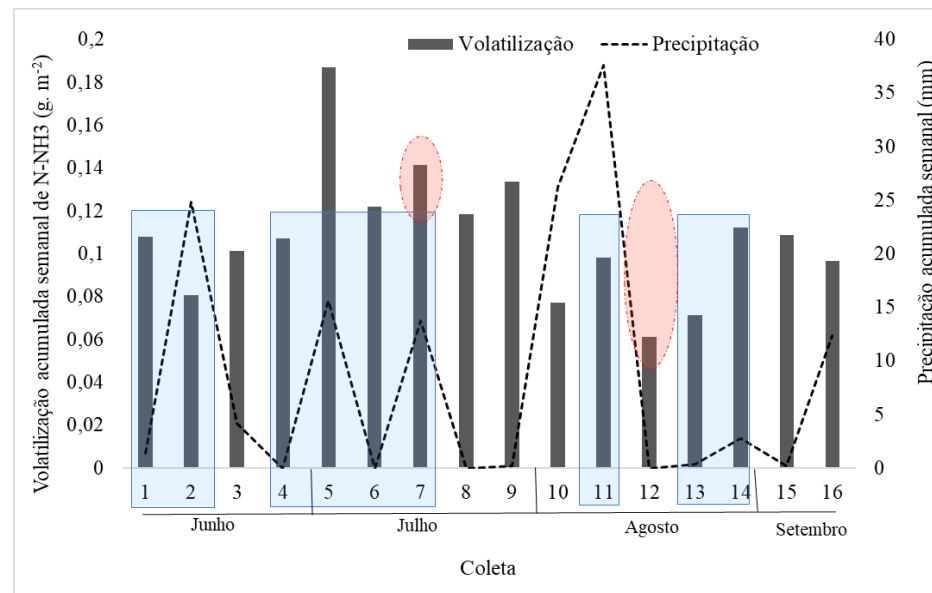
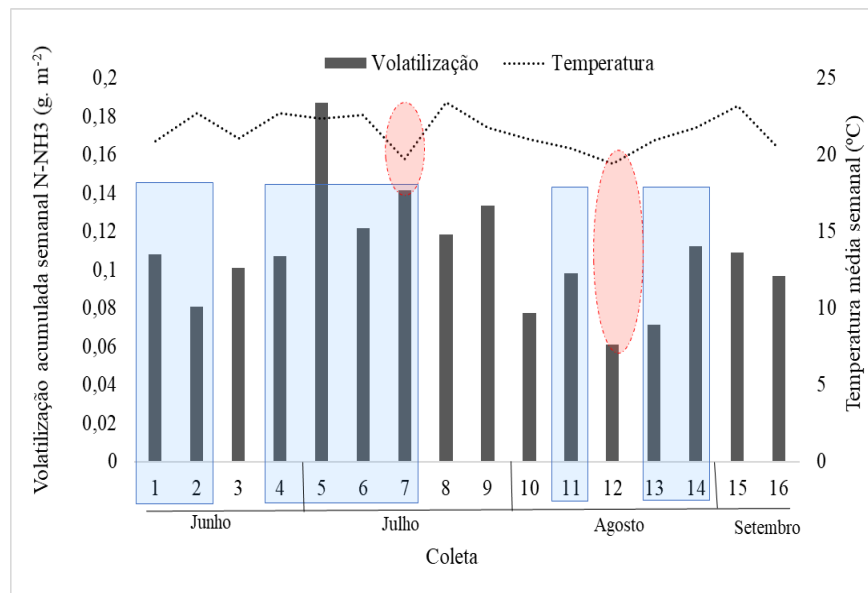


Figura 20. Relação da volatilização acumulada semanal (N-NH₃) com a temperatura média semanal (°C) e a precipitação acumulada semanal (mm), respectivamente, durante as 16 coletas, sendo a média dos cinco canteiros monitorados, no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

4.5.1 Estatística descritiva e Geoestatística da volatilização de N

A primeira etapa da análise geoestatística consiste na estatística descritiva da volatilização de N-NH₃ em cada coleta (Tabela 17), também sendo descrito a soma e a média de todas as coletas. Dados que apresentam distribuição normal possuem valores similares de média, mediana, moda e assimetria, variando em torno de 0 a $\pm 0,5$ e curtose menor que $\pm 0,5$. As variáveis indicadas por log, não obtiveram distribuição normal e os dados foram submetidos à transformação pela função logarítmica.

Tabela 18. Estatística descritiva dos atributos de solo avaliados na primeira coleta de 2015, no Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas.

Coleta	Média	Variância	CV (%)	Mín.	Máx.	Assimetria	Curtose	λ
1	0,11	0,00320	52,33	0,048	0,28	1450,00	1781,00	N
2	0,08	0,00038	24,09	0,051	0,12	0,07	-0,77	Log
3	0,10	0,00356	58,91	0,051	0,27	1929,00	2912,00	Log
4	0,11	0,00160	37,34	0,042	0,26	1884,00	6268,00	N
5	0,19	0,00580	40,75	0,064	0,37	0,83	0,70	N
6	0,12	0,00300	44,99	0,052	0,26	0,88	-0,63	N
7	0,14	0,00463	48,11	0,050	0,30	0,71	-0,37	N
8	0,12	0,00703	70,77	0,034	0,34	1441,00	1149,00	log
9	0,13	0,01062	77,10	0,036	0,49	2061,00	4307,00	N
10	0,08	0,00156	50,95	0,030	0,19	1790,00	2886,00	log
11	0,10	0,00508	72,78	0,003	0,25	1205,00	0,04	N
12	0,06	0,00130	59,05	0,026	0,17	1896,00	3001,00	N
13	0,07	0,00121	48,86	0,037	0,22	2633,00	9694,00	log
14	0,11	0,00559	66,56	0,044	0,35	1942,00	3731,00	N
15	0,11	0,00523	66,44	0,042	0,34	1785,00	2744,00	N
16	0,10	0,00268	53,48	0,043	0,22	1316,00	0,70	N
MÉDIA	0,11	0,00059	22,53	0,058	0,15	-0,05	-0,58	N
SOMA	1725,00	0,15000	22,45	0,927	2457,00	-0,04	-0,58	N

CV - Coeficiente de variação; Min - Valor mínimo; Max - Valor Máximo; log – transformação dos dados por função log; n – dados normais.

Os coeficientes (c0, c1 e alcance) e o modelo ajustado (gaussiano, exponencial ou esférico) são apresentados na legenda dos semivariogramas (Figura 21 e 22). O modelo que melhor se ajustou de forma geral foi o Gaussiano, apenas para a coleta 11 e soma das coletas, o modelo esférico foi ajustado. Nas Figuras 21 e 22 o eixo x representa os valores das distâncias (metros) e o eixo y apresenta os valores da semivariância.

Analisando os semivariogramas é possível inferir que nem todas as coletas obtiveram dependência espacial, apenas as coletas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 14, média e soma, demonstraram esse comportamento e foi possível utilizar da krigagem para criação dos mapas temáticos. As demais coletas não apresentaram dependência espacial, caracterizando efeito pepita puro.

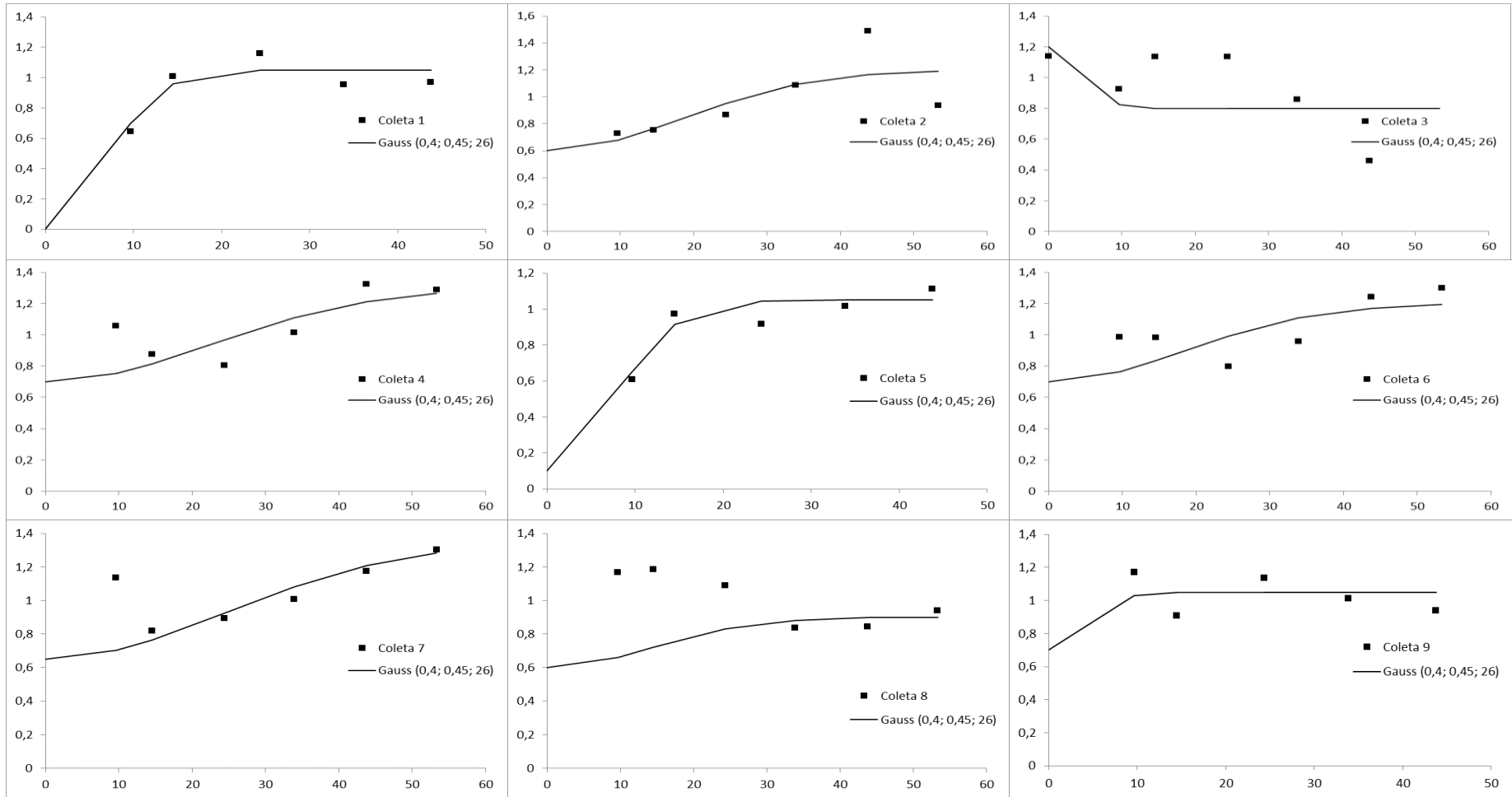


Figura 21. Semivariogramas Experimentais, das coletas de 1 a 9, de vol. de $N-NH_3$ do Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.

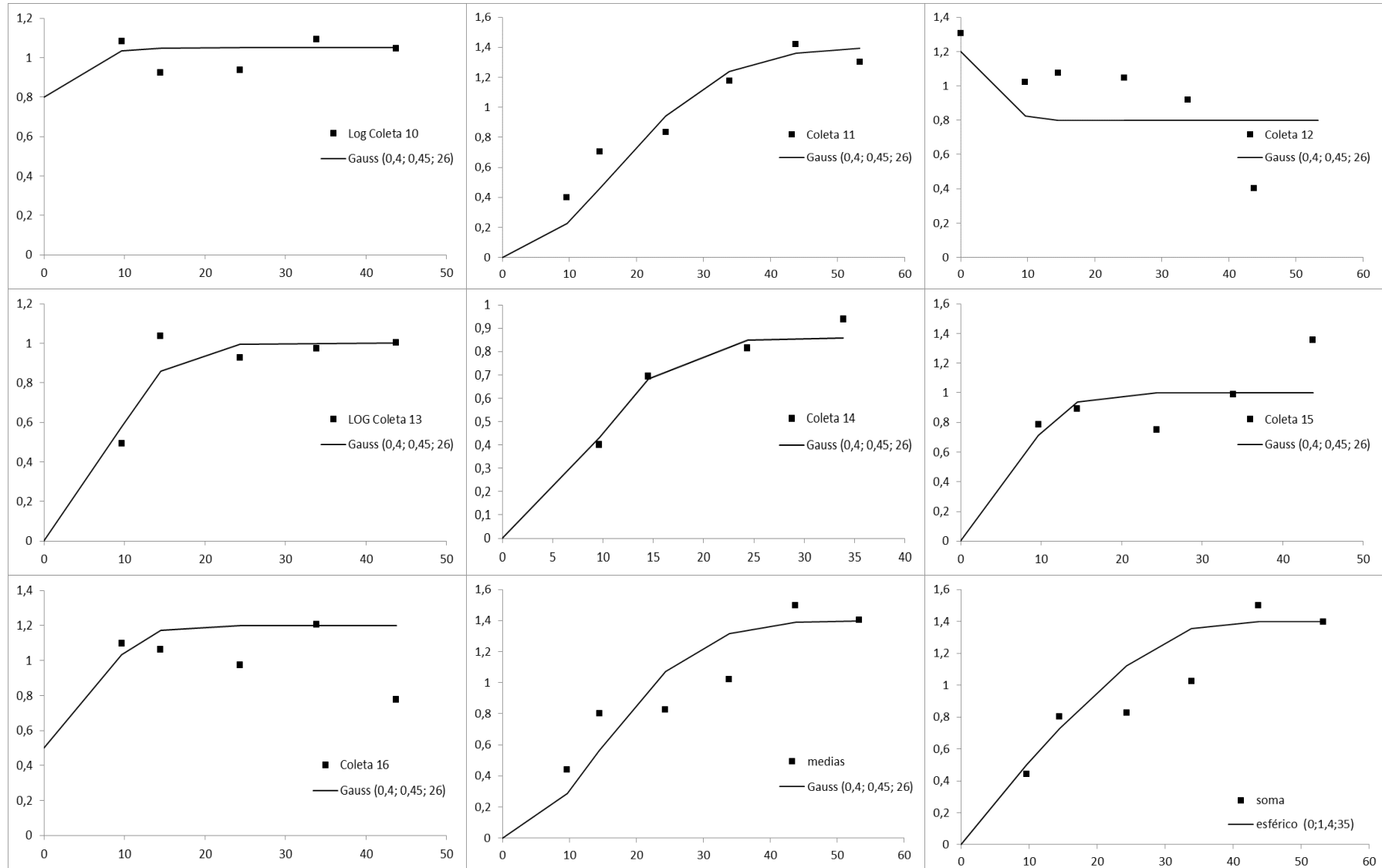
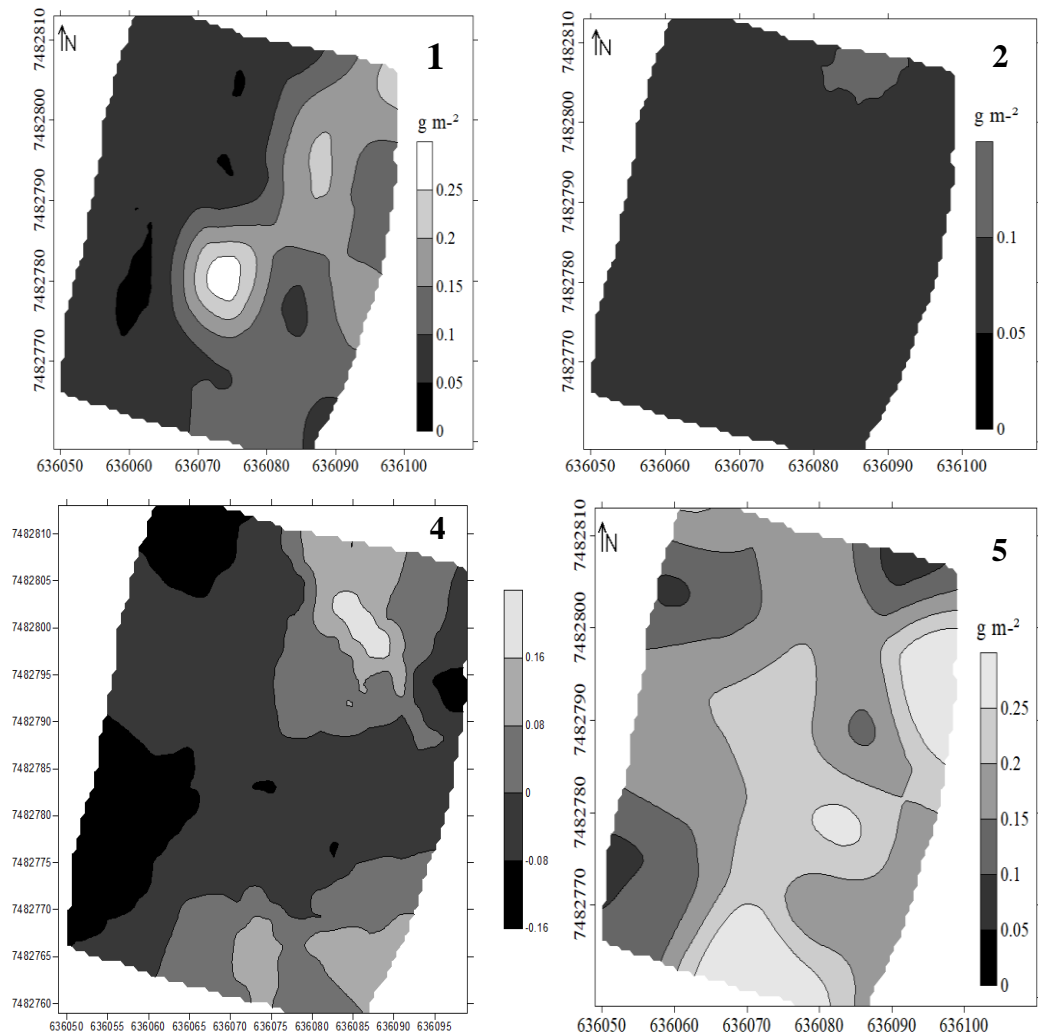


Figura 22. Semivariogramas Experimentais, das coletas de 10 a 16, soma e média, de vol. de N-NH₃ no Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.

4.5.2 Distribuição espacial da volatilização

A Figura 23 apresenta os mapas de variabilidade espacial da perda de nitrogênio via volatilização de amônia, os mapas isolados das coletas não apresentam um padrão facilmente identificável, contudo ao analisar a soma e a média geral da volatilização durante os quatro meses de avaliação fica mais claro o comportamento das perdas gasosas na área do policultivo.

Observando os mapas da média e soma das coletas é possível inferir que as perdas de nitrogênio diminuem nos canteiros localizados a esquerda do mapa. Possivelmente por se tratar dos últimos canteiros plantados todos os anos, recebendo menos ciclos que os demais, o que leva a entradas menores de nutrientes e menor incorporações de matéria orgânica.



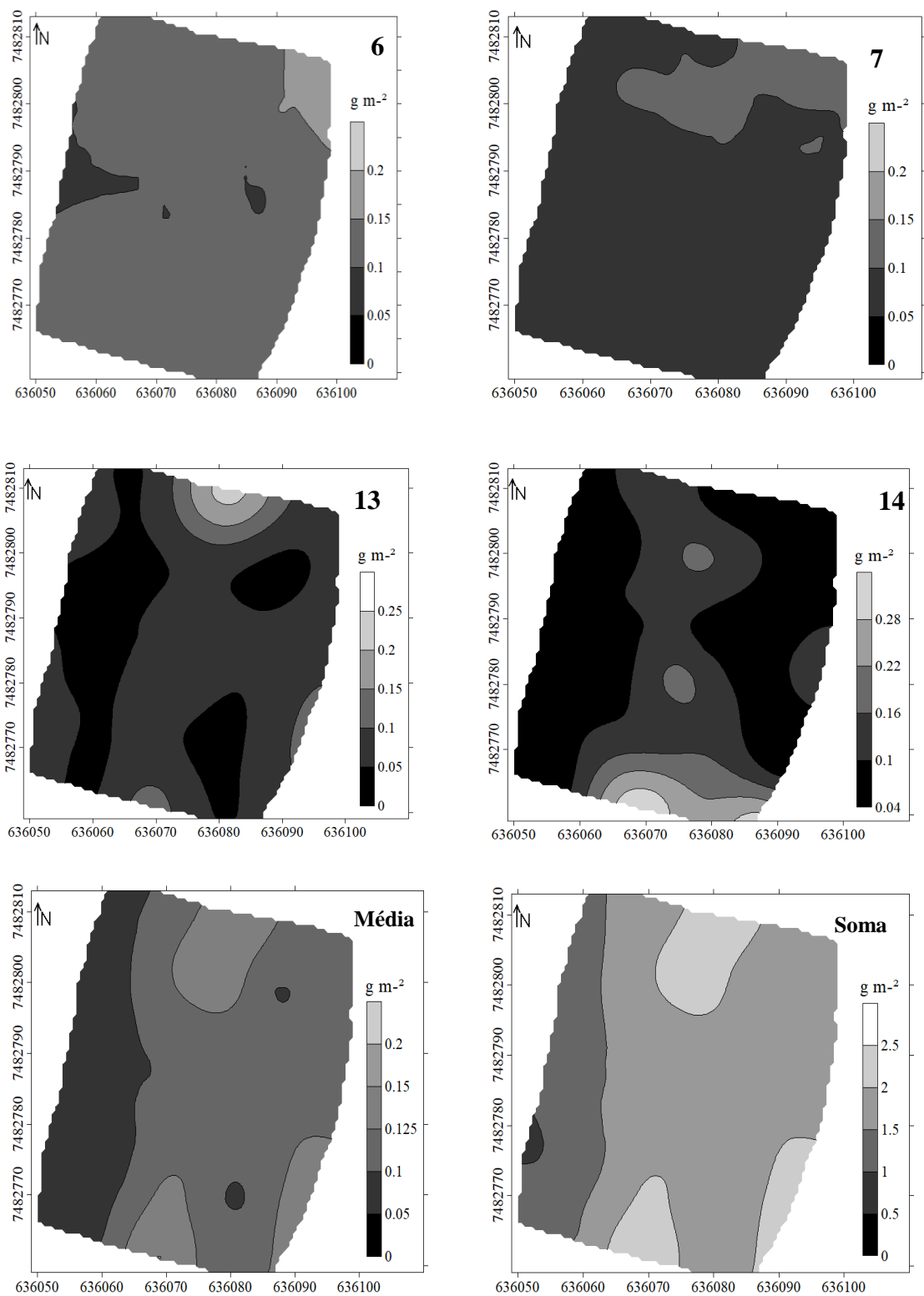


Figura 23 Variabilidade espacial da volatilização de N-NH₃ das coletas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 13, 14, média e soma, respectivamente no Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas, 2018.

As classes e o padrão da volatilização sofrem variações ao longo das coletas, mas em todos os casos apresentados são quantidades de nitrogênio perdidas em escala muito pequena. Tal fato pode explicar o não ajuste espacial de todas as coletas e a falta de um padrão visual da volatilização, sugerindo que, para as condições de manejo adotadas o estudo espacial através da geoestatística apresenta pouca precisão.

5 CONCLUSÕES

1. O balanço parcial de macronutrientes foi positivo para N, Ca e Mg, ligeiramente negativo para P e negativo para K, na área de capineira e ainda assim, os cultivos não apresentaram problemas nutricionais, uma vez que a fertilização aplicada é complementada com aportes advindos da rotação de cultivos comerciais com plantas de cobertura de solo e o estoque do solo.
2. O balanço parcial da produção de biomassa vegetal (capim+glirícidia) foi negativo para N, P, K, Ca e Mg.
3. O pH e o P do solo 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.
4. O balanço de nutrientes e a variabilidade espacial dos atributos do solo destacaram a diferença entre a área de produção de hortaliças e a área de produção de biomassa vegetal.
5. O módulo é financeiramente rentável em cenários de valorização do produto orgânico.
6. O custo com força de trabalho e o aluguel de máquinas foram os mais representativos custos de produção. A aquisição de mudas e sementes representa o maior custo com insumo externo.
7. 3,02% do nitrogênio aplicado na produção de hortaliças orgânicas é perdido via volatilização de $N-NH_3$.
8. O uso de geoestatística se mostrou eficiente para avaliar a variabilidade espacial da volatilização de amônia no sistema.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Sistemas complexos necessitam de avaliações que englobem o todo e não apenas fenômenos de formas individuais.

O maior retorno financeiro está associado ao uso eficiente dos recursos, técnicas de cunho agroecológico e redução de insumos externos e a adoção de estratégias de comercialização baseadas em circuitos curtos.

Ainda que promissores índices de produtividade sejam encontrados com fertilização a partir de materiais de origem estritamente vegetal, torna-se premente a necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento tecnológico de insumos e práticas de manejo alternativo que sejam eficientes e de baixo custo. Ademais, as características planificadas no Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças traz consigo princípios que podem nortear mudanças no ordenamento dos sistemas de produção de hortaliças orgânicas de empreendimentos rurais familiares, do ponto de vista da rotação de culturas e manejo da biomassa, refletindo em sistemas com maior grau de diversidade e sustentabilidade.

No que diz respeito a volatilização de nitrogênio em sistemas de produção orgânica acredita-se que as informações contidas no presente trabalho são relevantes em discussões de balanços de nutrientes, uma vez que nem sempre é levado em consideração o que se perde de forma gasosa, superestimando os valores finais. Espera-se que os resultados aqui descritos possam contribuir na ampliação do modo como é realizado o balanço de nutrientes, nesse e em trabalhos similares, buscando a otimização dos recursos usados em todo o processo produtivo.

A geoestatística e o uso de mapas representativos da variabilidade espacial são importantes ferramentas no manejo do sistema de produção.

7 REFERÊNCIAS

- ABEGAZ, A. et al. 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.
- AGUIAR-MENEZES, E. de L. Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 68 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 177).
- 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.
- ARAÚJO, E.S.; MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; SOARES, L.H.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. & ALVES, B.J.R. Calibração de câmara semiaberta para a quantificação de amônia volatilizada do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 44:769- 776, 2009
- BATISTA P.F.; PIRES M.M.M.L.; SANTOS J.S.; QUEIROZ S.O.P.; ARAGÃO C.A.; DANTAS B.F.. Produção e qualidade de frutos de melão submetidos a dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira** 27: 246-250, 2009.
- BELTRÃO, N. E. M. Comparação entre indicadores agroeconômicos de avaliação de agroecossistemas consorciados e solteiros envolvendo algodão upland e feijão “caupi”. Campina Grande: CNPA, 1984. 21p. (Boletim de pesquisa 15).
- BERTI, A. et al. 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.
- 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.
- 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
- BONINI, C. S.B.; ALVES, M. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 16, n. 4, p. 329-336, 2012.
- BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 1999. Instrução Normativa Nº 007, de 17 de maio de 1999. Disponível em: http://ibd.com.br/Media/arquivo_digital/c40fe6c4-51f3-414a-9936-49ea814fd64c.pdf. Acesso em: 15 de junho de 2018.
- BRITO, A. U.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; FINGER, F. L.; MENDES, T. D. C. Viabilidade agroeconômica dos consórcios taro com brócolis, couve-chinesa, berinjela, jiló, pimentão e maxixe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife/PE, v. 12, n. 3, p. 296-302, 2017.
- BULLUCK, L.R., M. BROSIUS, G.K. EVANYLO & J.B. RISTAINOO. Organic and synthetic amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 19: 147-160. 2002.
- CANEL, L. X. C.; MENELAU, A. S.; VITAL, T. W.. As Causas das perdas no processo de comercialização das hortaliças folhosas no assentamento Natuba - Vitória de Santo Antão - PE. 2014. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CARRIJO, O.A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. Fertirrigação de Hortaliças. Circular Técnica – Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

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.

CASTRO NETO, N.; DENUZI, V.S.S.; RINALDI, R.N. E STADUTO, J.A.R. Produção orgânica: uma potencialidade estratégia para a agricultura familiar. **Revista Percorso**, v. 2, n. 2, p. 73-95, 2010.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. 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.

CECÍLIO FILHO, A. B.; COSTA, C. C; REZENDE, B. L. A; LEEUWEN, R. Viabilidade produtiva e econômica do consórcio entre chicória e rúcula em função da época de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília/DF, v. 26, n. 3, p. 316-320, 2008.

CECÍLIO FILHO, A.B.; CAVARIANNI, R.L.; NOWAKI, R.H.D. Accumulation of macronutrients in cv. ‘Astrus’ cabbage as influenced by nitrogen dose and plant population. **Ciencia e Investigación Agraria**, v.43, p.305-315, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: Soja, 12º Levantamento, setembro/2017 – Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB 2017. <http://www.conab.gov.br/>, acessado em 10/09/2017.

CORREIO DO ESTADO, 2014. Comércio de orgânicos atinge US\$ 64 bilhões. Disponível em: <https://www.correiodoestado.com.br/noticia/comercio-de-organicos-atinge-us-64-bilhoes/207857/>. Acesso em: 23 de outubro de 2018.

COSTA, J. P.; MESQUITA, M. L. R. Floristic and phytosociology of weeds in pastures in Maranhão State, Northeast Brazil. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza/CE, v. 47, n. 2, p. 414-420, 2016.

COSTA, M. B. B. **Agroecologia no Brasil: histórias, princípios e práticas**. São Paulo: Expressão Popular, 2017. 141p.

Darolt, M. R. Circuitos curtos de comercialização de alimentos ecológicos: Reconectando produtores e consumidores. In: Niederle, P. A.; Almeida L.; Vezzani, F. M. (Org.). *Agroecologia: práticas, mercados e políticas para uma nova agricultura*. Curitiba: Kairós, 2013, p. 139-170

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.

DIAS, J. E. Monitoramento do uso da terra e dos níveis de nutrientes no solo Sistema Integrado de Produção Agroecológica utilizando geoprocessamento. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 111 p. 2007.

DÖBEREINER J.; RUSCHEL A.P. Uma nova espécie de *Beijerinckia*. **Revista de Biologia** (São Paulo) v. 1, p. 261-272, 1958.

DÖBEREINER, J. *Azotobacter paspali* sp. Nov., uma bactéria fixadora de nitrogênio na rizosfera de *Paspalum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.1, p.357-365, 1966.

DÖBEREINER, J.; Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. Conferência proferida pela professora Johanna Döbereiner, da Universidade Rural do Rio de Janeiro, no IEA em 16 de março de 1989.

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu et al. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [s.l.], v. 51, n. 9, p.1003-1020, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900001>

DONG, H.-Y. et al. 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.

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.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento semi detalhado dos solos da área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) Km 47, Seropédica, RJ – Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999 (Boletim de Pesquisa nº 5).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

FLIEßBACH, A. et al. 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.

FONTOURA, S. M. V.; Bayer, C. . Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região Centro-Sul do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1721-1732, 2009.

FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. **Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 1º ed. Seropédica: Editora Universidade Rural, v. 1. 430p. 2013.

GARCIA, G.; CARDOSO, A. A.; SANTOS, O. A. M.; **Da escassez ao estresse do planeta: um século de mudanças no ciclo do nitrogênio**. Química Nova. Sociedade Brasileira de Química, v. 36, n. 9, p. 1468-1476, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110036>>.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre/RS: Ed. Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001. 653 p

GRAHAM, P.H.; VANCE, C.P. *Plant Physiol.* 131: 872-877; 2003.

GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza/CE, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.

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.

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.

GUIDUCCI, R. do C. N.; ALVES, E. R. de A.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. Aspectos metodológicos da análise de viabilidade econômica de sistemas de produção. In: GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. (Ed.). **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 17-78.

GURGEL, G. C. S. Avaliação de fertilizantes nitrogenados com base na ureia granulada com ácidos húmicos e zeólita. 2016. 67f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

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.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2007.

ISHERWOOD, K.F. Mineral fertilizer use and the environment. Paris: IFA/UNEP, 2000. 106p.

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

LAGREID M.; BOCKMAN O.C.; KAARSTAD O. Agriculture, fertilizers and the environment. Cambridge: CABI, 1999.

LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, M. B.; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Atividade de Urease no Solo com Feijoeiro Influenciada pela Cobertura Vegetal e Sistemas e Plantio. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 34:1933-1939, 2010.

LEAL, M. A. A. Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas. Tese (Doutorado em Agronomia). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 133 p., 2006.

LEIGH, G. J.; **Science** 1998, 279, 506.

LEIGH, G. J.; **The World's Greatest Fix: A History of Nitrogen and Agriculture**, 1st ed., Oxford University Press: New York, 2004.

LEON, T.S. e ALTIERI, M. A. **Vertientes del Pensamiento Agroecológico : Fundamentos y aplicaciones**. IDEAS 21. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 293p. 2010.

LIMA, V. I. A.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO; F., SANTOS E. C.; RODRIGUES, G. S. O.; PAULA, V. F. S. Viabilidade agroeconômica do cultivo consorciado de coentro, alface e rúcula sob diferentes arranjos espaciais. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia/GO, v. 10, n. 18, p. 3060-3069, 2014.

LIU, D. et al. 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.

MARTINELLI, L. A. Os Caminhos do Nitrogênio – Do Fertilizante ao Poluente. **Conferência N2007**, Informações Agrônômicas. Nº 118 – JUNHO/2007.

MATA, M. G. F. DA et al. 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.

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.

MONTI, A.; FAZIO, S.; LYCHNARAS, V.; SOLDATOS, P.; VENTURI, G. A full economic analysis of switchgrass under different scenarios in Italy estimated by bee model. *Biomass and Bioenergy*, v.31, p.177-185. 2007.

MOORE, A. et al. 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, F. S., SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, Lavras, MG, Brasil, 2006.

NAVEED, M. et al. 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.

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R.; RIBEIRO, R. L. D. R.; ALMEIDA, D. L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica Km 47. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 148-172p.

NICOLAU, R. et al. 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.

NOLIN, J. Sustainable information and information science. **Information Research**, v. 15, n.2, p. 15-2, 2010.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. & NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solos e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAK, J. Methodical Approaches to Agricultural Enterprises Evaluation with Financial and Nonfinancial Indicators. **Agris: Agrarian www portal**, p. 273–277, 2005.

OHLWEILER, O. A.; **Química Inorgânica**; Blücher, E. ed.; EDUSP: São Paulo, 1971.

OHSE, S., REZENDE, B. L. A.; SILVEIRA, L. S.; OTTO, R. F.; CORTEZ, M. G. Viabilidade agrônômica de consórcios de brócolis e alface estabelecidos em diferentes épocas. **Idesia**, Chile, v. 30, n. 2, p. 29-37, 2012.

OLIVEIRA, E. A. G. Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 78 p., 2001.

OLIVEIRA, S. K. de. Feira de agricultura familiar da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) como potencial espaço de ensino-aprendizagem: possibilidades e reflexões. 2017. 62 f. Monografia - Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PARK BB, CHO MS, LEE SW, YANAI RD, LEE DK. 2012. Minimizing nutrient leaching and improving nutrient use efficiency of *Liriodendron tulipifera* and *Larix leptolepis* in a container nursery system. *New For.* 43(1):5768.

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**, Brasília - DF, v. 39, n.1, p. 35-40, 2004.

PEUKERT, S. et al. 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.

PIAN, L. V. Fungos Micorrízicos Arbusculares e Matéria Orgânica do solo de um Módulo de Cultivo Intensivo de Hortaliças Orgânicas. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 58 p., 2015.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb**, v. 27, p. 29–48, 2003.

ROBERTSON, G. P.; GRACE, P. R. Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials. *Environment, Development and Sustainability*, v.6, p.51-63, 2004.

ROCKSTROM, J. et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, n.461, 2009a. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v.14, n.2, 2009.

SAGRILO, E., LEITE, L. F., GALVÃO, S. R., & LIMA, E. F. Manejo agroecológico do solo: os benefícios da adubação verde. Embrapa Meio-Norte, documento 193 - 2009.

SALGADO, A. S.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. D. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; SALGADO, J. A. A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília/DF, v. 41, n. 7, p. 1141-1147, 2006.

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

SANTANA, D. P. A agricultura e o desafio do desenvolvimento sustentável. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 132).

SANTOS L.H.G.et al. Perda de alimentos: um estudo do tipo de coordenação da cadeia logística e das variáveis que influenciam na perda de tomates/ **Desafio Online** v.5, n.3, art.9 Set./Dez. (2017) p.468-486

SANTOS, Letícia Ribeiro Pinto dos. Residência agrônoma com enfoque agroecológico: o caso dos canais de venda direta na UFRRJ. 2018. 130p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

SCHRÖDER, P. et al. 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.

SEDIYAMA, M. A. N.; MAGALHÃES, I. D. P. B.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C.; CARDOSO, D.; FONSECA, M.; CARVALHO, P. Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) ‘kaiser’. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa/MG, v. 6, n. 2, p. 66-74, 2016.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. E. Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. **Bragantia**, Campinas/SP, v. 76, n. 1, p. 125-134, 2017.

SITE NACIONAL DE EMPREGOS (SINE). Trabalhador de campo em empresa de pequeno porte (júnior). Disponível em: <<https://www.sine.com.br/>>. Acesso em dezembro de 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.

SONMEZ, F.; ALP, S.; YASAR, P. The effects of humic acid application on the nutrient contents and heavy metals in organs of marigold (*Tagetes erecta* L.)- Fresenius Environmental Bulletin, 2017.

SOUZA, J. P.; MACEDO, M. A. S. Análise de viabilidade agroeconômica de sistemas orgânicos de produção consorciada. **ABCustos**, São Leopoldo/SP, v. 2, n. 1, p. 60-82, 2007.

SOUZA, M. R. M. *et al.* O Potencial do Ora-pro-nobis na Diversificação da Produção Agrícola Familiar. **REVISTA BRASILEIRA DE AGROECOLOGIA**, [S.l.], v. 4, n. 2, dec. 2009. ISSN 1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9145>>. Acesso em: 12 feb. 2019.

SOUZA, M. R. M.; CORREA, E. J. A.; GUIMARÃES, G.; PEREIRA, P. R.G. O Potencial do Ora-pro-nobis na Diversificação da Produção Agrícola Familiar. *Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 No. 2*

SOUZA, M.S.; JARDIM, A. M. R. F. ; ARAÚJO JÚNIOR, G. N... ; SILVA, J. R. I. ; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. . Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **PUBVET (LONDRINA)**, v. 12, p. 1-9, 2018.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. **Nitrogen-acquisition by plants in a sustainable environment**. In: SINGH, R.P.; JAIWAL, P.K. (Ed.). *Biotechnological Approaches to Improve Nitrogen Use Efficiency in Plants*. Houston, Texas: Studium Press, 2006. p.41-62,

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.

VAL, A. Modelo agrícola desperdiça 35% da produção brasileira. Disponível em: <http://mercadoetico.terra.com.br/arquivo/modelo-agricola-desperdica-35-da-roducaobrasileira>. Acessado em: 27 de novembro de 2018.

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.

VIEGAS, M. T. et al. Circuitos (não tão) curtos de comercialização e a promoção de princípios agroecológicos: um estudo de caso na região da grande Florianópolis. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 42, p. 370-384, dezembro 2017.

VIEIRA, J. C. B.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVA, A. B.; SILVA, G. C. C.; COLOMBO, J. N. Viabilidade agroeconômica da consorciação do taro com feijão-vagem indeterminado em razão da época de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v. 61, n. 2, 2014.

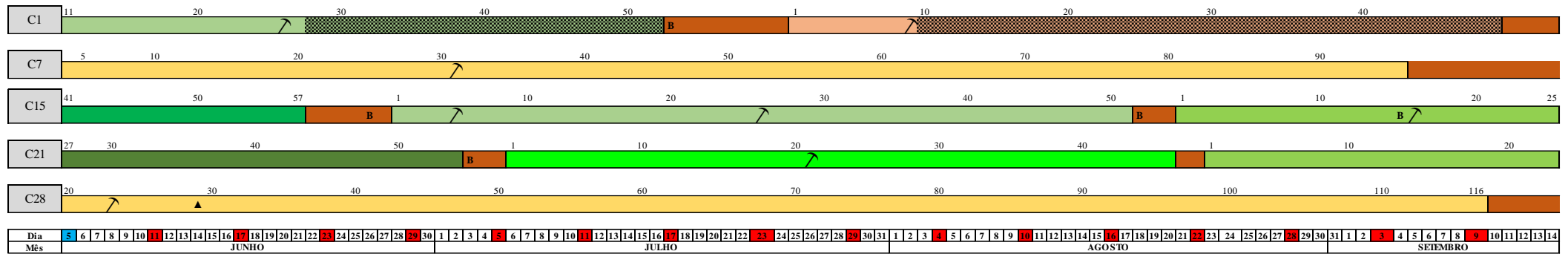
VIEIRA, S. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, n. 3, p. 1–75, 1983.

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.

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.

ZORB C, S. M.; P.E. Potassium in agriculture - Status and perspectives. *J plant physiol* 171(9): 656-669. 2014.

ANEXO 1



Canteiro 1	Início em 04/04/2018 com ciclo de Chicória; Aplicação de Bokashi em 02/04/2018 e 21/05/2018 ; Aplicação de
Canteiro 7	Início em 11/04/2018 com ciclo de Cenoura; Aplicação de Bokashi em 09/04/2018.

Canteiro 15	Início em 25/04/2018 com ciclo de Vagem Alessa; Aplicação de Bokashi em 23/04/2018.
Canteiro 21	Início em 09/05/2018 com ciclo de Chicória; Aplicação de Bokashi em 05/05/2018.

Canteiro 28	Início em 16/05/2018 com ciclo de Cenoura.
-------------	--

Legenda	
Alface Americana	Início do Experimento
Alface Crespa	Coleta
Alface Lisa	Canteiro Vazio
Alface Vermelha	Canteiro Coberto
Cenoura	B Aplicação de Bokashi
Chicória	▲ Desbaste
Vagem Alessa	∩ Capina

Obs.: Dosagem do bokashi de 200 kg.ha⁻¹ de N