

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

**Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua
aplicação em culturas agrícolas**

Anita Ribas Avancini

Pelotas, 2020

ANITA RIBAS AVANCINI

Engenheira Ambiental e Sanitarista

Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua aplicação em culturas agrícolas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Pesq. Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva

Co-orientador: Profa. Dra. Vanessa Sacramento Cerqueira

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

A111c Avancini, Anita Ribas

Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua aplicação em culturas agrícolas / Anita Ribas Avancini ; Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, orientador ; Vanessa Sacramento Cerqueira, coorientadora. — Pelotas, 2020.

97 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Compostagem - Resíduos sólidos orgânicos. 2. Biofertilizantes. 3. Cana-de-açúcar. 4. Feijão. 5. Batata-semente. I. Silva, Sérgio Delmar dos Anjos e, orient. II. Cerqueira, Vanessa Sacramento, coorient. III. Título.

CDD : 630.2745

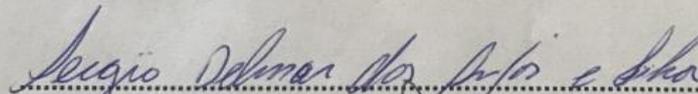
Anita Ribas Avancini

Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua aplicação em culturas agrícolas

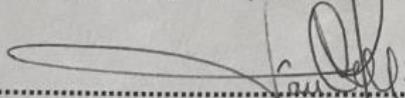
Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 20/02/2020

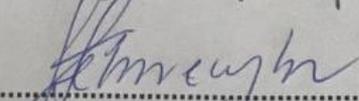
Banca examinadora:



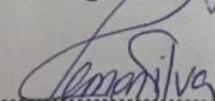
Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva (Orientador)
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Pelotas



Profª. Drª Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas



Prof. Dr. José Ernani Schwengber
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas



Profª. Drª. Claudia Fernanda Lemons e Silva
Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

A minha mãe e meus irmãos,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha mãe, por ser exemplo de dedicação, força e superação, por me apoiar em todas minhas decisões, por ser compreensiva, amorosa e a pessoa que me inspiro para me tornar uma pessoa melhor. Aos meus irmãos, Rafael e Gustavo, por estarem ao meu lado desde sempre, por serem referências para mim, minha ponte do passado ao presente e a certeza de que, independente do futuro, estaremos lado a lado. E ao meu pai, que, de alguma forma, me da força para seguir meu caminho e foi essencial para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

Gostaria de agradecer também ao Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, por toda orientação, aprendizado, disponibilidade e pela confiança de construir esse trabalho. E a co-orientadora Dr. Vanessa Cerqueira, por estar sempre disposta a ajudar, ensinar e ter sido essencial nessa caminhada.

A Embrapa Clima Temperado por toda estrutura, materiais e suporte fornecido. A Fernanda e o Arthur pelo auxílio com o experimento da batata. A UFPel e o PPG Sistemas de Produção Agrícola Familiar, por auxiliar com os trabalhos e pela oportunidade de desenvolver a pesquisa.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida e fazer possível o trabalho acontecer.

Aos colegas da agroenergia pelo companheirismo, as amigas Mariana e Elis, por todo suporte e conversas e principalmente a Ester, por todo auxílio, troca de experiências, amizade e comprometimento, durante os últimos dois anos.

Aos meus amigos, Anderson, Bianca, Camila, Karen e Kassia, por estarem sempre dispostos a ajudar, a ouvir e estarem sempre presentes de alguma forma. As minhas amigas Helena, Leticia, Juliana, Maiara e ao Mateus por compartilharem a vida comigo nesse tempo, pelas conversas, diversões e suporte de sempre.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram a estar aqui hoje, seja com palavras, ações ou carinho repassado. A todos vocês, deixo aqui registrada a minha sincera gratidão.

RESUMO

AVANCINI, Anita Ribas. **Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua aplicação em culturas agrícolas**. Orientador: Sérgio Delmar dos Anjos e Silva. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O setor agrícola possui grande importância econômica para o Brasil, porém, gera uma grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos. A compostagem aparece como uma relevante alternativa de destinação desses resíduos, sendo o composto líquido gerado durante este processo, um produto de alto valor nutricional, que pode ser utilizado com biofertilizante nos cultivos agrícolas. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar compostos líquidos gerados por três diferentes leiras de compostagem e avaliar a aplicação deles na produção de mudas de cana-de-açúcar, no cultivo de batata-semente e no cultivo de plantas de feijão. Foram montadas três leiras de compostagem contendo resíduos agropecuários e agroindustriais havendo resíduos de cana-de-açúcar em todas elas. Aos 90 dias, durante o último reviramento, foi recolhido o composto líquido referente a cada leira e enviado para laboratórios de análises ambientais para caracterização química e microbiológica. Em seguida, foram produzidas mudas de duas variedades de cana-de-açúcar através do método de produção de mudas pré-brotadas onde o minitolete foi imerso nos compostos líquidos diluídos em 0, 10, 20, e 30% por 15 horas antes de serem plantados. Foram avaliados altura da parte aérea, comprimento da raiz, diâmetro do colo, clorofila e massa fresca e seca da parte aérea e raiz. Além disso, foram plantadas batatas-semente as quais também ficaram imersas nos compostos líquidos, nas mesmas doses e tempo da cana onde foram feitas avaliações de senescência, clorofila, massa seca da parte aérea, massa fresca e seca dos tubérculos e produtividade. Ainda, foi realizado o cultivo de feijão em vasos sendo as sementes imersas nos compostos líquidos em doses de 0, 5, 10, 15, 20 e 30% por 15 horas previamente a semeadura. As avaliações do feijão foram quanto ao tempo para alcançar os estágios de desenvolvimento, de número e peso de vagens e de grãos, diâmetro do colo e altura da planta. Os três compostos líquidos contêm doses significativas de macro e micronutrientes, além de valores ideais de pH, possibilitando a utilização dos mesmos como biofertilizante para adubação de plantas. Todos os compostos líquidos estão livres de contaminantes podendo ser condicionado ao uso agrícola sem danos a saúde. O composto líquido e a dose mais adequados para alcançar melhores resultados de mudas de cana-de-açúcar variam de acordo com a variedade utilizada e com a variável analisada. O composto líquido 3 é o mais indicado para o cultivo de batata-semente sob as condições testadas, sendo a dose de 30% a que desempenha melhores taxas de produtividade dessa cultura. Todas as doses e compostos líquidos testados para a cultura do feijão são efetivos para se obter maiores valores de número e peso de grãos.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Batata-semente. Feijão. Resíduos. Biofertilizantes

ABSTRACT

AVANCINI, Anita Ribas **Characterization of liquid compounds from composting and its application in agricultural crops**. Advisor: Sérgio Delmar dos Anjos e Silva 2020. 95 p. Dissertation (Masters in Agronomy) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

The agricultural sector has great economic importance for Brazil. However, it generates a large amount of solid organic waste. Composting appears as a relevant alternative for the disposal of these residues, and the liquid compost generated during this process is a product of high nutritional value, which can be used with biofertilizer in agricultural crops. Thus, this work aimed to characterize liquid compounds generated by three different composting piles and evaluate their application in the production of sugarcane seedlings, in the cultivation of seed potatoes and in the cultivation of bean plants. Three composting piles were set up containing agricultural and agroindustrial residues, with sugarcane residues in all of them. At 90 days, during the last turnover, the liquid compound for each pile was collected and sent to environmental analysis laboratories for chemical and microbiological characterization. Then, seedlings of two varieties of sugar cane were produced using the pre-sprouted seedling production method where the one bud was immersed in liquid compounds diluted in 0, 10, 20, and 30% for 15 hours before being planted. Shoot height, root length, neck diameter, chlorophyll and fresh and dry shoot and root mass were evaluated. In addition, seed potatoes were planted which were also immersed in the liquid compounds, in the same dilutions and time of the cane, where senescence, chlorophyll, dry mass of the aerial part, fresh mass and tuber dryness and productivity were evaluated. Besides that, beans were grown in pots and the seeds were immersed in liquid compounds in doses of 0, 5, 10, 15, 20 and 30% for 15 hours prior to planting. The beans evaluations were related to the time to reach the stages of development, number and weight of pods and grains, diameter of the stem and height of the plant. The three liquid compounds contain significant doses of macro and micronutrients, in addition to ideal pH values, making it possible to use them as a biofertilizer for plant fertilization. All liquid compounds are free of contaminants and can be conditioned to agricultural use without damage to health. The most suitable liquid compound and dose to achieve the best results from sugarcane seedlings vary according to the variety used and the target variable. Liquid compound 3 is the most suitable for the cultivation of seed potatoes under the conditions tested, with the 30% dose having the best productivity rates for this crop. All doses and liquid compounds tested for the bean culture are effective to obtain higher values of number and weight of grains.

Keywords: Sugarcane. Seed potato. Bean. Waste. Biofertilizers

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Perspectivas em 3D das leiras para compostagem.29
- Figura 2 - Leira 1 de compostagem (à esquerda), leira 2 de compostagem (ao centro) e leira 3 de compostagem (à direita). (Foto: Anita Ribas Avancini, Embrapa Clima Temperado, 2018)30
- Figura 3 - Média das temperaturas (°C) mensais atingidas pelas leiras de compostagem com indicação do momento em que foram recolhidos os compostos líquidos. Embrapa Clima Temperado, 2018.31
- Figura 4 - Composto líquido gerado pela leira de compostagem 1 sendo coletado. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2018)32
- Figura 5 - Processo de corte pela guilhotina do colmo de cana-de-açúcar em minitolete (A) e os minitoletes dispostos em tubetes (B). (Fotos: Ester Schiavon Matoso Embrapa Clima Temperado, 2018).....39
- Figura 6 - Avaliação de mudas de cana-de-açúcar. (Foto: Anita Ribas Avancini Embrapa Clima Temperado, 2018)40
- Figura 7 - Altura de mudas de cana-de-acucar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....45
- Figura 8 - Comprimento de raiz de mudas de cana-de-acucar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.46
- Figura 9 - Conteúdo de clorofila (SPAD) de mudas de cana-de-acucar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.48
- Figura 10 - Massa seca da parte aérea de mudas de cana-de-acucar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.49
- Figura 11 - Comprimento de raiz de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de

água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.52

- Figura 12 - Altura de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.53
- Figura 13 - Conteúdo de clorofila (SPAD) de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.54
- Figura 14 - Massa seca da parte aérea de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.55
- Figura 15 - Massa fresca de raiz de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.56
- Figura 16 - Visão geral do experimento de produção de batata na casa de vegetação. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2018)61
- Figura 17 - Retirada da parte aérea da planta (A) e separação do substrato e tubérculo (B) para as avaliações finais da cultura da batata. (Foto: Anita Ribas Avancini Embrapa Clima Temperado, 2019)62
- Figura 18 - Tubérculos das batatas passando pelo jogo de peneiras para serem classificados. (Foto: Ester Schiavon Matoso. Embrapa Clima Temperado, 2019)63
- Figura 19 - Senescência de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.65

- Figura 20 - Conteúdo de clorofila (SPAD) de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....66
- Figura 21 - Massa fresca de tubérculo de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....67
- Figura 22 - Massa seca de tubérculo de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....68
- Figura 23 - Estimativa da produtividade total de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....69
- Figura 24 - Produtividade de tubérculos comerciais de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.70
- Figura 25 - Doses 5, 10, 15, 20 e 30% dos 3 compostos líquidos provenientes de compostagem e a testemunha. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)76
- Figura 26 - Visão geral do experimento da cultura do feijão. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)77
- Figura 27 - Avaliações de diâmetro de colo e altura de planta do feijoeiro. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)78
- Figura 28 - Avaliações de número e peso de grãos da planta do feijão. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)78
- Figura 29 - Estágios das fases vegetativas (V) e reprodutivas (R) das plantas de feijão deste experimento. (Fotos: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)80

- Figura 30 - Número de grãos das plantas do feijão em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....81
- Figura 31 - Peso de grãos por vaso das plantas do feijão em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....82
- Figura 32 - Peso de vagem por planta do feijão em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.....83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matérias-primas utilizadas nas leiras de compostagem e seus respectivos volumes. Embrapa Clima Temperado, 2018.	30
Tabela 2 - Macro e micronutrientes e pH dos compostos líquidos. Porto Alegre, 2019.	33
Tabela 3 - Análise microbiológica dos compostos líquidos gerados pela compostagem. Porto Alegre, 2019.....	36
Tabela 4 - Características, descritas na embalagem do substrato comercial Turfa Fértil®. Embrapa Clima Temperado, 2018.	40
Tabela 5- Altura, diâmetro de colo, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz e conteúdo de clorofila de mudas de cana-de-açúcar da RB92579, em função dos compostos líquidos utilizados em três diferentes doses (concentrações). Embrapa Clima Temperado, 2019.	42
Tabela 6 - Altura diâmetro de colo, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea e massa fresca raiz de mudas de cana-de-açúcar da RB966928, em função dos compostos líquidos utilizados em três diferentes doses (concentrações). Embrapa Clima Temperado, 2019.	50
Tabela 7 - Características, descritas na embalagem, do substrato comercial Turfa Fértil®. Embrapa Clima Temperado, 2018.	61
Tabela 8 - Classificação dos tubérculos da batata conforme o diâmetro..	63
Tabela 9 - Massa fresca e massa seca de tubérculos de batata semente cv. Ágata em função dos compostos líquidos utilizados em três doses (concentrações) diferentes. Embrapa Clima Temperado, 2019.	71
Tabela 10 - Produtividade total e produtividade de tubérculos comerciais (Kg.ha ⁻¹) de batata semente cv. Ágata em função dos compostos líquidos utilizados em três doses (concentrações) diferentes. Embrapa Clima Temperado, 2019.	72
Tabela 11 - Características, descritas na embalagem, do substrato comercial Turfa Fértil®. Embrapa Clima Temperado, 2018.	76

SUMÁRIO

1	Introdução	15
2	Revisão de literatura.....	17
2.1	Compostagem	17
2.2	Biofertilizantes	19
2.3	A cultura da cana-de-açúcar	21
2.3.1	Resíduos de cana-de-açúcar	23
2.4	A cultura da batata	24
2.5	Feijoeiro.....	25
3	CAPÍTULO I - Caracterização química e microbiológica dos compostos líquidos oriundos de compostagem.....	28
3.1	Introdução	28
3.2	Materiais e métodos	29
3.3	Resultados e discussão.....	32
3.4	Conclusões.....	36
4	CAPÍTULO II - Uso de compostos líquidos de compostagem na produção de mudas de cana-de-açúcar	37
4.1	Introdução	37
4.2	Materiais e métodos	38
4.3	Resultados e discussão.....	41
4.3.1	RB92579	41
4.3.2	RB966928	49
4.4	Conclusões.....	57
5	CAPÍTULO III - Produção de batata-semente utilizando compostos líquidos provenientes de compostagem	58
5.1	Introdução	58
5.2	Materiais e métodos	59
5.3	Resultados e discussão.....	64
5.4	Conclusões.....	73
6	CAPÍTULO IV - Utilização de compostos líquidos provenientes de compostagem na cultura do feijão	74
6.1	Introdução	74
6.2	Materiais e métodos	75
6.3	Resultados e discussão.....	79
6.4	Conclusões.....	84
7	Considerações finais	85
	REFERÊNCIAS	86

1 Introdução

O gradativo aumento da geração de resíduos, em consequência do aumento do consumo da população atual, está entre os maiores problemas ambientais da atualidade enfrentados pela humanidade (DE MEDEIROS, 2019). O setor agrícola é um importante segmento da economia brasileira, porém gera uma grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos em todas as etapas da sua cadeia produtiva (LEUCENA; CHERNICHARO, 2005) sendo que muitas vezes, esses resíduos são dispostos em aterros sanitários (FIORI *et al.*, 2008). Dentro desse âmbito, a cana-de-açúcar se destaca como geradora de resíduos no setor do agronegócio sendo responsável por, em média, 200 milhões de toneladas de resíduos anualmente (MORAES, 2012). Para cada tonelada de cana-de-açúcar processada são gerados 140 kg de bagaço e 140 kg de palha, uma produção muito significativa (GONÇALVES, 2008; SANTOS; NOGUEIRA, 2012).

Desta maneira, a compostagem aparece como um potencial e, importante alternativa de destinação dos resíduos no setor agrícola, visto que, além de ser mais ambientalmente adequada, gera um composto final estável com importantes propriedades capaz de prover nutrientes para plantas e corrigir solos degradados. A compostagem pode ser definida como um processo biológico controlado que, através da ação de microrganismos, faz a decomposição aeróbia e a estabilização da matéria orgânica crua com condições nas quais ocorrem processos termofílicos decorrentes de uma produção calorífica de origem biológica (COTTA *et al.*, 2015).

Durante o processo de compostagem dos resíduos orgânicos é gerado como subproduto um efluente líquido, o qual pode ser denominado composto líquido ou chorume. Este composto líquido pode ser originado de três formas pelo processo de compostagem: da umidade natural do lixo, da água de constituição da matéria orgânica, durante o processo de decomposição, ou até mesmo da decomposição das bactérias existentes nos resíduos (CRUZ *et al.*, 2019). Há uma carência de estudo sobre esse composto, todavia, sabe-se que contém em sua composição nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, ferro, manganês, cobre, álcool, fenol e microrganismos (MOREIRA, 2006). Os fertilizantes químicos, essenciais para o desenvolvimento de diversas culturas, representam um alto custo para o produtor, além de causar um impacto negativo no meio ambiente. A utilização dos produtos e subprodutos do processo de compostagem dos resíduos

orgânicos pode ser feita em diversas proporções (BRASIL, 2018). Assim sendo, o composto líquido gerado pela compostagem pode ser utilizado como biofertilizante nas plantas.

No setor sucroalcooleiro, a produção de mudas de cana-de-açúcar com alto padrão de qualidade é de extrema importância para o processo produtivo (MORGADO *et al.*, 2000), sendo importante que essas mudas recebam os nutrientes necessários para seu desenvolvimento nessa fase tão decisiva para a cultura. Já no setor de hortaliças, a batata é uma cultura que requer consideráveis doses de fertilizantes, principalmente de nitrogênio. No Brasil, as recomendações de aplicação de fertilização da batata variam entre 60 a 250 kg ha⁻¹ de N (FONTES, 1999). Dentre as leguminosas, o feijão é uma cultura exigente em relação a nutrientes. A disponibilidade de nutrientes interfere na formação do embrião e dos cotilédones refletindo na produtividade, no vigor e a qualidade fisiológica do feijão (TEIXEIRA *et al.*, 2005). Fageria *et al.* (2013) relataram em seu trabalho com feijão que a utilização de nitrogênio na cultura tem uma alta relação com o rendimento de grãos. A utilização de biofertilizantes nestas culturas pode prover os nutrientes necessários para seu desenvolvimento diminuindo custos ao produtor e minimizando impactos ambientais.

Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi caracterizar os compostos líquidos gerados por leiras de compostagem e avaliar a aplicação destes na produção de mudas de cana-de-açúcar, no cultivo de batata-semente e no cultivo de plantas de feijão. Os objetivos específicos foram: Compostar diferentes resíduos orgânicos oriundos de atividades agroindustriais e agropecuárias; caracterizar química e microbiologicamente os compostos líquidos gerados por cada leira de compostagem; produzir e avaliar mudas de cana-de-açúcar com a utilização dos compostos líquidos; avaliar a produção de batatas-semente em vasos com a utilização dos compostos líquidos e avaliar o desenvolvimento e produção de plantas de feijão em vasos utilizando os compostos líquidos.

2 Revisão de literatura

2.1 Compostagem

O crescente aumento da população assim como da economia tem gerado uma grande demanda de alimentos, a qual requer uma ampliação das unidades de produção, especialmente do setor agropecuário, a fim de suprir o progressivo consumo (VALENTE *et al.*, 2009). Devido a esse crescimento de geração de alimentos, conseqüentemente é gerada uma grande quantidade de resíduos. Uma importante opção para a destinação da parcela orgânica desses resíduos é a compostagem. Muitos dos resíduos gerados por atividades agrícolas são ricos em nutrientes sendo a reciclagem e reutilização desses resíduos uma alternativa viável para o produtor uma vez que o uso de materiais, como o esterco de animais e restos de vegetais ricos em matéria orgânica, podem agir na agricultura como condicionadores das propriedades do solo e como fonte de nutriente para diversas culturas (MELO *et al.*, 2007).

A compostagem é um método de reciclagem dos resíduos orgânicos, como os gerados na agricultura, na qual possui como produto final um composto agrícola fértil capaz de corrigir solos degradados (OMORI, 2014). A compostagem pode ser definida como um processo biológico controlado que, através da ação de microrganismos, faz a decomposição aeróbia e a estabilização da matéria orgânica crua com condições nas quais ocorrem processos termofílicos decorrentes de uma produção calorífica de origem biológica (COTTA *et al.*, 2015). Existem alguns fatores que devem ser devidamente controlados durante o processo de compostagem a fim de se obter um bom desempenho da mesma a fim de diminuir os custos de operação e o tempo do processo, dos quais pode-se citar: umidade, temperatura, aeração, nutrientes, entre outros (CORREA; RICCI, 2017).

A umidade, a aeração, o pH, a relação C/N, a granulometria do material e as dimensões da leira de compostagem influenciam diretamente a ação dos microrganismos no processo assim como influenciam indiretamente na temperatura que o processo é capaz de atingir, sendo uma consequência da atividade metabólica dos microrganismos que ocorre na fase aquosa (VALENTE *et al.*, 2009). Valente *et al.* ainda afirmam que uma umidade muito baixa (abaixo de 30%) é capaz de inibir a

atividade microbiana, já uma umidade muito alta (acima de 65%) vai desacelerar o processo tornando a decomposição um tanto lenta uma vez que reduz a fixação do oxigênio na leira de compostagem, transformando o processo em anaeróbio, propiciando a perda de nutrientes através da lixiviação e interferindo na temperatura.

As dimensões das leiras de compostagem, como citado anteriormente, são essenciais para a otimização do processo. O comprimento pode ser variado, já a largura não deve ultrapassar os 3 metros uma vez que sendo maiores que isso podem provocar bolsões anaeróbicos no interior da pilha, dificultando o processo de compostagem (FORMENTINI, 2019). O autor ainda afirma que, o recomendado é que se finalize a leira de compostagem com uma camada de palha a fim de evitar o ressecamento da cobertura, a perda de nitrogênio e a perda de água para que o processo não seja prolongado.

A fim de se manter a atividade microbiana é essencial o fornecimento de ar uma vez que a compostagem é um processo aeróbio e os microrganismos necessitam de oxigênio para degradar a matéria orgânica sendo a falta desse elemento um fator limitante no processo (PINTO, 2001). Para que seja controlada a aeração, normalmente são realizados três ou quatro reviramentos na leira durante todo processo (FORMENTINI, 2019).

O processo ocorre através da estabilização da matéria orgânica sob altas temperaturas, sendo essas maiores que 45 °C, resultando num produto final estável, sanitizado, com compostos húmicos e livre de risco ao meio ambiente (ORRICO JUNIOR *et al.*, 2012). Ao longo do processo de compostagem, populações complexas de diversos grupos de microrganismos são proliferadas sendo os microrganismos classificados de acordo com temperaturas ideais. Os microrganismos que se proliferam quando a temperatura está entre 50 e 60 °C são chamados de termófilos, quando a temperatura está entre 25 e 45 °C de mesófilos e quando a temperatura está entre 15 e 20 °C de psicrófilos (BLACK, 2002).

Alguns elementos químicos como nitrogênio, potássio, magnésio, fósforo e cálcio são liberados por microrganismos durante a digestão da matéria orgânica sendo estes transformados da forma orgânica para a forma de nutrientes para as plantas (COTTA *et al.*, 2015). Os autores também ressaltam que uma vasta quantidade de substâncias é gerada para que as células microbianas sejam formadas durante a digestão da matéria orgânica pelos microrganismos.

Os fertilizantes químicos comerciais representam um significativo custo para o produtor. Com o aumento do preço desses fertilizantes químicos e impacto negativo que esses causam ao meio ambiente o uso de resíduos orgânicos na agricultura é uma relevante opção devido a ciclagem de carbono e nitrogênio (MELO *et al.*, 2008; LOUREIRO *et al.*, 2007).

Durante o processo de compostagem de resíduos orgânicos é gerado um subproduto na forma líquida podendo ser denominado chorume ou composto líquido. A composição desse subproduto pode variar de acordo com os resíduos submetidos à compostagem e é rico em nutrientes que podem ser aproveitados na agricultura como biofertilizantes.

2.2 Biofertilizantes

Há uma crescente busca por novas tecnologias produtivas que além de reduzir os custos sejam mais ambientalmente adequadas no setor agrícola, sendo o uso de biofertilizantes uma pesquisa em potencial (SOARES *et al.*, 2016). Dessa forma, produtores rurais e pesquisadores tem se interessado em utilizar biofertilizantes oriundos de digestão aeróbica ou anaeróbica de materiais orgânicos a fim de substituir o uso dos fertilizantes minerais (FERNANDES *et al.*, 2000).

O termo biofertilizantes é utilizado referenciando o efluente líquido gerado a partir da fermentação metanogênica da matéria orgânica e água (SANTOS, 2001). O biofertilizante também pode ser definido como resíduo da fermentação de compostos orgânicos que compreende em sua composição células vivas ou latentes de microrganismos como bactérias, leveduras, algas e fungos, metabólicos e quelatos organominerais (ALVES *et al.*, 2001).

O uso de biofertilizantes líquidos na forma de microbianos simples ou enriquecidos é importante uma vez que esse possui uma grande diversidade de nutrientes minerais e uma vasta quantidade de elementos disponíveis devido a atividade biológica (ALVES *et al.*, 2009). Na agricultura orgânica, os biofertilizantes resultantes de processo de compostagem são recomendados de maneira a preservar o equilíbrio nutricional das plantas e torná-las mais resistentes a ocorrência de patógenos e pragas (SANTOS, 2001).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento define biofertilizante, como adubos produzidos de diversas maneiras e que utilizam ingredientes disponíveis na propriedade (como esterco, leite, caldo de cana, cinzas, etc.) que podem ser enriquecidos com pó de rocha, microrganismos eficazes, entre outros (BRASIL, 2016).

Os biofertilizantes são capazes de incrementar a absorção de nutrientes e fornecer substâncias húmicas ao solo, ou seja, substâncias que revelam efeitos os quais podem variar, dependendo da composição do biofertilizante e da cultura ou solo a ser utilizado, e que não são facilmente explicáveis (NARDI *et al.*, 2002; LAGREID *et al.*, 1999).

Silva *et al.* (2011) destacam a importância dos métodos de tratamento de resíduos que visam o aproveitamento do composto líquido uma vez que este possui um grande potencial fertilizante, através de uma alta carga de matéria orgânica e nutrientes minerais, se utilizado em proporções adequadas. A inserção do chorume no solo pode melhorar a sua estrutura e fertilidade através da adição de nutrientes e matéria orgânica, facilitando a infiltração da água da chuva, a capacidade de retenção de umidade e de troca de cátions e a atividade microbiana, solubilizando alguns metais tóxicos e complexando alguns metais essenciais às plantas, como Fe, Zn, Mn, Cu e Co (BASSO *et al.*, 2008). Com os altos valores de temperatura que o processo atinge, o processo de compostagem é capaz de eliminar todos os organismos patogênicos de infestantes, uma preocupação frequente quanto aplicação direta do chorume ao solo (BRITO *et al.*, 2008).

Além da compostagem de resíduos agrícolas gerados por pequenos agricultores ser uma técnica ambientalmente adequada que traz benefícios ao produtor, faz-se também de grande importância encontrar uma destinação nobre para a fase líquida gerada durante este processo. Dessa forma, o uso da correta dosagem do percolato, gerado pela compostagem de resíduos agrícolas, no solo de pequenos agricultores, pode acarretar em benefícios para tais. A fim de aumentar a resistência contra pragas e doenças, os biofertilizantes têm sido utilizados como adubo foliar na agricultura (PENTEADO, 1999). Uma interessante alternativa para o melhor desenvolvimento de culturas têm sido os biofertilizantes, porém há uma carência em pesquisas e informações sobre qual a concentração é a mais adequada a ser utilizada (SOUZA, 2000).

A utilização de biofertilizantes líquidos, os quais estejam diluídos em água em uma proporção de 10% a 30%, demonstram efeitos abundantes como fixação de

flores e frutos e aumento da área foliar em diferentes culturas sendo aplicados em pulverizações foliares (MORAES, 2009).

Alguns biofertilizantes líquidos oriundos do esterco têm também sua função ampliada a fitoproteção de plantas podendo ser utilizados em sistemas de cultivo provendo macro e micronutrientes a cultura (ARAÚJO, 2000). Todavia, a utilização de excessivas quantidades de fertilizantes, provendo a planta mais nutrientes do que necessita, pode ser prejudicial ao desenvolvimento da mesma, podendo resultar no desequilíbrio nutricional da planta, causar contaminação ambiental além de aumentar os custos (NAVA *et al.*, 2007).

2.3 A cultura da cana-de-açúcar

Há cerca de 6.000 a.C. na Indonésia e na Nova Guiné era estabelecida a cultura da cana-de-açúcar, a qual é uma gramínea pertencente ao gênero *Saccharum*, sendo difundida para o Pacífico Sul, Índia, China e vizinhanças e, posteriormente disseminada para as outras partes do mundo, principalmente regiões tropicais e subtropicais (SILVA, 2009). Desde a colonização do Brasil, a cana-de-açúcar aparece como uma das principais culturas do país (SANTIAGO *et al.*, 2015). Mesmo sendo procedente de regiões que atingem altas temperaturas, com alta radiação solar e precipitação, a cana de açúcar foi capaz de adaptar-se a diversos climas, onde devido a suas particularidades poderão ocorrer em maiores ou menores produção (SUGUITANI, 2006).

O Brasil possui um clima propício e um forte potencial produtivo para cana-de-açúcar tornando a cultura uma importante parte da economia do país ao longo dos anos. Há cerca de 30 anos atrás foi criado no país o programa Próalcool com o intuito de estimular a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar (DINN, 2017). A partir de então, a cultura passou a ser uma importante cultura do Brasil não só como produtora de açúcar e derivados, mas também como fonte de energia renovável.

O etanol e a cogeração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar são pilares essenciais na matriz energética do país atualmente (ÚNICA, 2009). Além da importância do álcool combustível, a cana-de-açúcar é uma importante cultura para economia brasileira por gerar uma vasta quantidade de produtos, sendo responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo (FIGUEIREDO,

2010). A cana-de-açúcar é extremamente importante devido a inúmeras utilidades no qual pode ser submetida, como para alimentação animal, como forragem, para produção de melado, rapadura, cachaça, açúcar e etanol (MORAIS *et al.*, 2007).

A cultura da cana-de-açúcar é muito importante para o estado do Rio Grande do Sul uma vez que cerca de 40% de todos os locais do Brasil com produção de derivados da cultura estão no estado, sendo o melado, a rapadura e a aguardente os principais produtos produzidos (VERISSIMO, 2012). A cana-de-açúcar possui diversos fins. Além da produção de etanol, açúcar e derivados já mencionados, a cultura é largamente utilizada para a alimentação animal.

A cana-de-açúcar é um significativo suplemento para a dieta de bovinos de leite e de corte no estado do Rio Grande do Sul (RUGERI, 2015). A cultura da cana-de-açúcar é muito significativa para a agricultura familiar do estado do Rio Grande do Sul. A cultura é, geralmente, produzida em pequena escala paralelamente com outras atividades na propriedade e é processada de forma artesanal para comercialização informal dos produtos sendo mais uma opção de renda para as famílias a fim de manter a manutenção dessas no campo (SEPLAG, 2014).

Durante o processamento da cana-de-açúcar muitos resíduos que podem ser reaproveitados são gerados, entre eles a vinhaça, sendo um subproduto líquido resultante da produção do etanol, a qual pode ser utilizada como biofertilizante (ANDREOTTI *et al.*, 2015), e o bagaço, resultante do processamento dos colmos, que pode ser utilizado para diversos fins, podendo ser aproveitada no processo de compostagem (BERTONCINI, 2008). Após a cana-de-açúcar ser moída, é resultante um resíduo denominado bagaço. Em torno de 280 kg/ton de bagaço e palha são gerados no Brasil a partir da cana-de-açúcar, alcançando a melhor posição em relação de quantidade de resíduo agroindustrial do país (MORAIS *et al.*, 2007).

Segundo o CONAB a produção de cana-de-açúcar, estimada para a safra 2019/20, é de 622,3 milhões de toneladas. Desta maneira, é muito grande a quantidade de resíduos gerados por essa cultura. O processamento de 1000 t de cana-de-açúcar rende, nas usinas, em média 280 t de bagaço e 35 t de torta de filtro. No Brasil, são produzidos 201.418.487 t ano⁻¹ de resíduos do bagaço e da torta de filtro (BRASIL, 2011).

2.3.1 Resíduos de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é a principal geradora de resíduos dentro do âmbito do agronegócio sendo responsável por, em média, 200 milhões de toneladas de resíduos todos os anos. Já na esfera da pecuária, o maior gerador é o gado de corte, gerando cerca de 86% do total de resíduos do setor (MORAES, 2012).

A produção de resíduos do setor sucroalcooleira é capaz de alcançar cerca de 28% da massa da cana (SEABRA, 2008). Dessa maneira, para cada tonelada colmo utilizada são gerados 140 kg de bagaço e 140 kg de palha, uma produção muito significativa (GONÇALVES, 2008; SANTOS; NOGUEIRA, 2012).

A prática de aproveitamento de resíduos provenientes de cana-de-açúcar é muito difundida em todas as partes do Brasil (ASSAD, 2017).

A palha da cana-de-açúcar pode ser utilizada no enriquecimento do solo provendo equilíbrio e suporte para estimular o crescimento dos microrganismos uma vez que os materiais de origem vegetal são formados por altas quantidades de carbono (MARIANO, 2010). Atualmente, a cana-de-açúcar é queimada no campo para facilitar a colheita, desta maneira uma importante matéria-prima, que poderia ser destinada para diversos fins pois possui um grande potencial nutricional, é desperdiçada não sendo valorizada como deveria (GEORGES, 2011). Além disso, a queima da palha pode trazer danos ao meio ambiente e a saúde humana, uma vez que libera gases nocivos, material particulado e, geralmente, é feita sem o controle adequado (LOPES *et al.*, 2007; BATTISTELLE *et al.*, 2009). O bagaço da cana também tem sido queimado pelas usinas para a recuperação de energia. Morais *et al.* (2007) afirmam que as usinas que utilizam o caldo da cana-de-açúcar queimam o bagaço para gerar energia e para o aquecimento de caldeiras. Todavia, o bagaço possui muitas propriedades, como nutrientes, que poderiam ser aproveitadas na agricultura se o bagaço tivesse outro fim, como a compostagem.

Desta forma, a alta disponibilidade de bagaço e palha de cana-de-açúcar nas usinas do setor sucroalcooleiro tem estimulado grupos de pesquisa a encontrar utilização desenvolvendo tecnologias para o aproveitamento mais valorado desses resíduos (MILEO, 2009).

2.4 A cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos principais alimentos consumidos no mundo devido a sua versatilidade gastronômica e tecnológica (CARDOSO *et al.*, 2017). Desta maneira, para o cultivo da batata em sistemas intensivos geralmente são utilizadas altas doses de fertilizantes inorgânicos contendo N, P e K (COGO *et al.*, 2006). Mesmo que muitos fatores interfiram na produtividade da batateira, a nutrição mineral é a mais importante para que seja obtida alta produção e qualidade de tubérculos de maneira que os nutrientes sejam aplicados na cultura conforme as exigências e recomendações nas quantidades e épocas adequadas (CORASPE LEÓN *et al.*, 2009).

Dentre os nutrientes contidos nos suprimentos necessários a batata, o nitrogênio (N) é o elemento com maior influência na produtividade dos tubérculos uma vez que este nutriente é capaz de estimular o crescimento vegetativo da planta (YIN *et al.*, 2003). Todavia é preciso ter cuidado ao utilizar doses excessivas. A dose a ser aplicada deve otimizar a produtividade da cultura e a qualidade dos tubérculos e reduzir custos e riscos de contaminação ao meio ambiente (BÉLANGER *et al.*, 2000). A maneira mais usual para o fornecimento de nitrogênio para cultura do batateiro é a aplicação via fertilizantes. No Brasil, as recomendações de aplicação de fertilização variam entre 60 a 250 kg. ha⁻¹ de N (FONTES, 1999). Os custos com fertilizantes nitrogenados têm aumentado fazendo com que os agricultores procurem maneiras de adequar o manejo da adubação, porém a aplicação de doses muito altas ou muito baixas irão reduzir os lucros (COELHO *et al.*, 2010).

O uso do potássio (K) na fertilização da batata é essencial para a translocação dos açúcares e síntese do amido, sendo este o nutriente mais absorvido pela batata, entretanto seu uso excessivo pode reduzir o peso específico (REIS; FONTES, 1996). Os solos no planalto sul são caracterizados essencialmente pela alta acidez e baixos teores de fósforo (P) disponível, se fazendo necessária a aplicação de altas quantidades de fertilizantes (NAVA *et al.*, 2007).

A cultura da batata é propagada assexuadamente através de tubérculos-semente a fim de diminuir o custo de produção em 25 a 40% (ASSIS, 1999). A grande maioria dos produtores de batata-semente utilizam uma alta tecnologia para obtenção de uma produtividade que seja vantajosa economicamente sendo importante ressaltar que dentre os custos de produção da batata os custos com fertilizantes representam,

em média, 24% do total (SOUZA *et al.*, 1999). A utilização de batatas-semente com alta qualidade fisiológica, alto padrão genético e fitossanitário é um pilar essencial para atingir alta produtividade garantindo a exploração comercial da batata pelo produtor (JUNIOR *et al.*, 2011).

Há diversos tipos de recipientes que podem ser utilizados para o plantio de tubérculos-semente como vasos, sacos plásticos, bandejas de isopor ou até mesmo materiais biodegradáveis (CORREA *et al.*, 2007), sendo comum a prática do plantio em vasos contendo substrato (GRIGORIADOU; LEVENTAKIS, 1999). Em sistemas de telado ou estufa os vasos, quando utilizados com substratos, proporcionam boa capacidade de drenagem e retenção de água, resultando em altas produtividades de tubérculos-semente de batata (FERREIRA; BITTENCOURT, 2003). O substrato utilizado para a produção de batata semente deverá possibilitar devidas aeração, infiltração e armazenamento da água, além de estar livre de patógenos e ser uniforme na disponibilidade de nutrientes (JUNIOR *et al.*, 2011). Os autores também afirmam que geralmente a quantidade de nutrientes contidos na maioria dos substratos comerciais é baixa, se fazendo necessária a aplicação adicional de fertilizantes para o devido desenvolvimento e produção da planta da batata.

A semente utilizada no sistema produtivo da batata é um item que deve receber uma importância especial uma vez que é a partir da qualidade da semente que se desenvolve o potencial e vigor que se busca para planta, objetivando atender ao consumidor oferecendo produtos com alta qualidade e baixo preço (PAES; SILVA, 2003).

2.5 Feijoeiro

O Brasil é o maior produtor de feijão comum do mundo, sendo o plantio do grão realizado ao longo do ano, em três épocas, dependendo da região. Com isso, sempre há produção de feijão no país. A safra das “águas” ocorre de agosto a dezembro e concentra-se mais nos Estados da Região Sul; a da “seca”, abrange todos os Estados brasileiros e ocorre de janeiro a abril e a de “inverno”, concentra-se na região tropical e é realizada de maio até julho ou agosto, dependendo do Estado (YOKOYAMA, 2002).

Há muitos tipos de grãos de feijão comum que são produzidos e consumidos no território brasileiro, representando, aproximadamente 20% do total produzido representado pelo tipo preto (PEREIRA *et al.*, 2013). Os estados Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul são os principais consumidores deste tipo de feijão e há estudos de que esses grãos apresentam maior teor médio de proteína bruta do que grãos de feijão carioca, que ainda é o tipo mais consumido pelos brasileiros (RAMOS JÚNIOR *et al.*, 2002). A composição do feijão é de 60 a 65% de carboidratos, 20 a 25% de proteínas, 1 a 20% de fibras alimentares, 1 a 3% de lipídios. Além disso, o feijão apresenta nutrientes como Ca, Fe, Cu, Zn, P, K e Mg, e também de vitaminas, especialmente do complexo B, tais como: riboflavina, niacina e folacina (GEIL; ANDERSON, 1994).

A cultivar BRS Esteio é do grupo preto, apresentando um ciclo de 85 a 90 dias, com alto potencial produtivo. A cultivar possui boas qualidades culinárias com uniformidade de coloração e do tamanho de grãos com massa média de 24 gramas por 100 grãos. Juntamente em parceria com outras instituições, a Embrapa desenvolveu esta tecnologia focando em atingir a agricultura familiar, associações e cooperativas de produtores rurais, empresas agropecuárias (EMBRAPA, 2019).

Oliveira *et al.* (2017) quantificaram a produtividade de grãos da cultivar de feijão-comum BRS Esteio encontrando resultados em que a cultivar foi superior em rendimento às demais cultivares avaliadas, na safra 2014/2015, na maioria dos municípios testados. Além disso, Pereira *et al.* (2013) testaram o potencial produtivo do feijão da cultivar BRS Esteio e encontraram que a cultivar apresentou maiores produtividades quando comparada a outras 5. Este experimento demonstra que a cultivar possui potencial genético elevado e que altas taxas de produtividades podem ser desempenhadas se houver ambiente favorável e boas condições de cultivo.

É importante que a planta tenha o nutriente a sua disposição, uma vez que a planta do feijão não possui facilidade na absorção de água e nutrientes devido a suas curtas raízes, sendo de grande importância ter um bom manejo de adubação.

A adubação inadequada em conjunto com a utilização de sementes de qualidade imprópria, controle ineficiente de pragas e doenças e adversidades climáticas pode levar a uma baixa produtividade da cultura (CRUCIANI *et al.*, 1998). O uso de biofertilizantes é uma alternativa que tem sido pesquisada para o cultivo do feijoeiro uma vez que são capazes de proporcionar maior proteção e resistência à planta contra agentes externos, além de atuar na ciclagem de nutrientes no solo

(MEDEIROS *et al.*, 2003). Além disso, os nutrientes expostos ao solo são fundamentais para a manutenção da fertilidade nos sistemas orgânicos e na forma líquida, o biofertilizante é assimilado ainda mais rápido, sendo útil para culturas que necessitam de quantidade elevada de nutrientes em ciclo curto (BARROS; LIBERALINO FILHO, 2008), que é o caso do feijoeiro.

3 CAPÍTULO I - Caracterização química e microbiológica dos compostos líquidos oriundos de compostagem

3.1 Introdução

A compostagem é um processo de decomposição de resíduos orgânicos sob condições aeróbicas, com temperatura e umidade controladas, resultando num composto estável o qual pode ser utilizado como fertilizante orgânico (FIALHO *et al.*, 2010). Durante a decomposição dos resíduos o processo alcança altas temperaturas, sendo as mesmas importantes para que organismos indesejáveis e agentes patogênicos sejam eliminados (FIALHO; PEREIRA, 2013). Rosa (2009) afirma que os resíduos provenientes de atividades agrícolas possuem uma elevada qualidade nutricional e biológica sendo o processo de compostagem uma alternativa vantajosa para a destinação desses resíduos.

Os produtores rurais familiares vêm aumentando a procura por substrato de qualidade, desta forma, o composto orgânico, produto final do processo de compostagem, é capaz de suprir essa demanda, diminuindo o uso de fertilizantes sintéticos (LEAL *et al.*, 2007), diminuindo custos e causando menos impacto ao meio ambiente.

Importante destacar que, durante o processo de compostagem de resíduos orgânicos é gerado um líquido residual o qual pode ser denominado composto líquido ou chorume, que pode ser aplicado como biofertilizante em diversos tipos de cultivo.

Penteado (2007) ressalta que um biofertilizante é um adubo orgânico líquido resultante de um processo aeróbico ou anaeróbico de uma combinação de materiais orgânicos, como o esterco fresco, e água. Os biofertilizantes aumentam a capacidade de troca catiônica do solo, melhoram a agregação do mesmo, aumentam a capacidade de retenção de água e disponibilizam matéria orgânica, energia e nutrientes provendo ideais condições para o desenvolvimento das plantas (LOURENÇO *et al.*, 2009). A utilização de produtos orgânicos na agricultura é essencial, uma vez que há uma grande disponibilidade de nutrientes minerais os quais podem agir como ativador enzimático do metabolismo vegetal (LACERDA *et al.*, 2010). A caracterização química dos biofertilizantes é muito importante uma vez que

proporciona uma estimativa das consequências da aplicação deste biofertilizante nas plantas (ANTUNES *et al.*, 2008).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar química e microbiologicamente o composto líquido gerado na compostagem de resíduos de cana-de-açúcar (palha e bagaço), torta de tungue e de atividades agrícolas (esterco de gado e cama de aviário) e de atividades agroindustriais (serragem e casca de acácia).

3.2 Materiais e métodos

O estudo foi desenvolvido na Sede da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul. O início do experimento se deu em julho de 2018 com a montagem das leiras. A compostagem iniciou-se em agosto, tendo levada 210 dias até o final do processo. O tempo levado até a coleta do composto líquido foi de 90 dias após o início da compostagem, sendo este experimento finalizado após o recebimento das análises químicas e microbiológicas, em maio de 2019.

Foram estruturadas três leiras de compostagem em um telado, sendo estas impermeabilizadas com lonas a fim evitar o contato do material a ser compostado e do líquido percolado com o solo. As leiras foram montadas contendo diferentes combinações de matérias-primas. Estas leiras foram movimentadas entre quatro baias construídas utilizando tábuas de madeira, com medidas de 1,2 m X 1,3 m X 2,6 m (L X A X P), conforme exemplificado na Figura 1, com o objetivo de aerar e uniformizar o processo de compostagem.

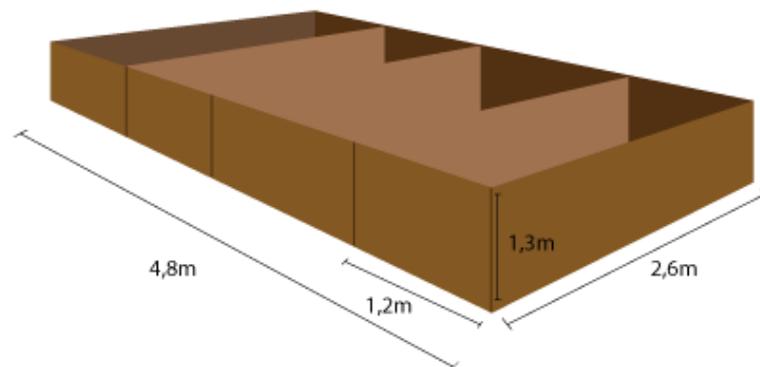


Figura 1 - Perspectivas em 3D das leiras para compostagem.

As compostagens foram realizadas com resíduos agroenergéticos, sendo eles: bagaço e palha de cana-de-açúcar e torta de tungue. Além disso, foram utilizados resíduos provenientes de atividades agropecuárias. As matérias-primas utilizadas encontram-se dispostas da Tabela 1, sendo respeitada a ordem de cada uma de acordo como se encontra na Tabela. As composteiras montadas podem ser visualizadas na Figura 2.

Tabela 1 - Matérias-primas utilizadas nas leiras de compostagem e seus respectivos volumes. Embrapa Clima Temperado, 2018.

	Leira 1	Volume (m ³)	Leira 2	Volume (m ³)	Leira 3	Volume (m ³)
Camada 4 (Superior)	Palha cana-de-açúcar	0,5	Palha cana-de-açúcar	1,5	Torta de Tungue	0,5
Camada 3	Esterco de Gado	1,0	Cama de Aviário	1,0	Palha cana-de-açúcar	0,5
Camada 2	Bagaço de cana-de-açúcar	1,0	Bagaço de cana-de-açúcar	1,0	Bagaço de cana-de-açúcar	2,0
Camada 1 (Inferior)	Serragem	1,5	Casca de Acácia Triturada	0,5	Serragem	1,0
Total	-	4	-	4	-	4



Figura 2 - Leira 1 de compostagem (à esquerda), leira 2 de compostagem (ao centro) e leira 3 de compostagem (à direita). (Foto: Anita Ribas Avancini, Embrapa Clima Temperado, 2018)

Durante o processo de compostagem foram controlados os fatores de temperatura e umidade. Foram colocados 2 termômetros de mercúrio medindo aproximadamente 40 cm em cada leira. Foram feitas 2 aberturas nas leiras, uma em cada ponta, e os termômetros foram colocados. Apesar dos termômetros terem sido instalados na maior profundidade possível, ainda sim eles atingiam as leiras de maneira superficial. A temperaturas foram verificadas diariamente. A média das

temperaturas em °C de cada mês estão dispostas na Figura 3 sendo que a seta indica o momento em que foi recolhido os compostos líquidos.

O processo de compostagem foi iniciado com a umidade na faixa de 50%, seguindo a recomendação de Merkel (1981). Para o controle da umidade, foi verificada a necessidade de cada leira com base nas características físicas tais como: porosidade e estrutura do material, sempre objetivando satisfazer a demanda microbiológica por oxigênio (PEREIRA NETO, 1998). Dessa forma, as leiras foram molhadas conforme fosse verificada a necessidade (a medida em que estavam secas), com a utilização de uma mangueira ligada a uma bomba d'água em uma caixa d'água na qual havia água não tratada.

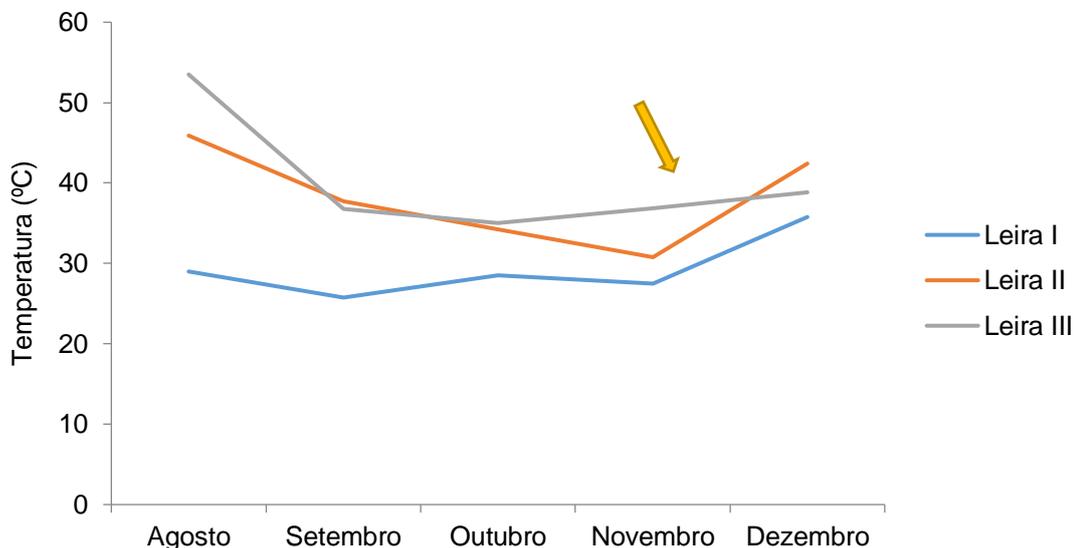


Figura 3 - Média das temperaturas (°C) mensais atingidas pelas leiras de compostagem com indicação do momento em que foram recolhidos os compostos líquidos. Embrapa Clima Temperado, 2018.

As leiras foram revolvidas, em média, a cada 30 dias através da transferência do material para a baia ao lado. Ao final do terceiro revolvimento foram recolhidos os compostos líquidos (Figura 3) gerados por cada leira de compostagem. Foram retirados, aproximadamente, 100L de cada composto líquido, armazenados em garrafas previamente lavadas e identificadas sendo estas acondicionados em câmara fria com temperaturas em torno de 10 °C para posterior análise e aplicação em culturas agrícolas.

Os compostos líquidos coletados dos processos de compostagem foram enviados a laboratórios de análises ambientais para caracterização química e microbiológica. Os parâmetros químicos analisados foram: Boro total, cálcio, cobre total, ferro total, magnésio total, manganês total, potássio, sódio total e zinco total

através do método SMWW Method 3111 A,B; Enxofre, através do método de gravimetria; Fósforo total através do método SMWW Method 4500 B4, E; Nitrogênio total kjeldahl através do método PE 025; pH através do método SMWW, Method 4500 H+ B e TOC - Carbono orgânico total através do método SMWW Method 5220 B.

Os Coliformes termotolerantes foram analisados pelo método de Standard Methods 9223 B, ovos viáveis de helmintos através da microscopia ótica e *Salmonella* através do método EPA 625/R-92/013-Appendix F e G. A qualidade microbiológica foi avaliada conforme a Instrução Normativa SDA nº 27, 05 de junho de 2006 (Alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016) a qual estabelece limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo.



Figura 4 - Composto líquido gerado pela leira de compostagem 1 sendo coletado. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2018)

3.3 Resultados e discussão

Os resultados das análises químicas encontram-se dispostos na Tabela 2. O composto líquido proveniente da leira 1 de compostagem se destacou frente aos outros compostos líquidos em relação ao Ferro Total. Silva e Falcão (2002) pesquisaram a deficiência de nutrientes em plantas de pupunheira e concluíram que a falta do ferro causou na planta alteração na coloração das folhas mais novas sendo

que essas folhas exibiram as nervuras bem pronunciadas na tonalidade verde, formando um contraste nítido com o resto amarelo do limbo.

Tabela 2 - Macro e micronutrientes e pH dos compostos líquidos. Pelotas, 2019.

Parâmetro	Composto Líquido 1	Composto Líquido 2	Composto Líquido 3
Boro Total (mg.L ⁻¹)	< 0,49	< 0,49	< 0,49
Cálcio (mg.L ⁻¹)	110,970	122,623	99,553
Cobre Total (mg.L ⁻¹)	< 0,21	< 0,21	< 0,21
Enxofre (%)	0,00	0,00	0,00
Ferro Total (mg.L ⁻¹)	7,606	5,519	3,730
Fósforo Total (mg P.L ⁻¹)	202,20	489,49	223,47
Magnésio Total (mg.L ⁻¹)	106,714	212,848	104,584
Manganês Total (mg.L ⁻¹)	10,561	1,022	2,442
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg N.L ⁻¹)	57,07	203,44	296,3
pH	7,11	6,74	6,42
Potássio (mg.L ⁻¹)	462,113	1420,625	614,843
Sódio Total (mg.L ⁻¹)	91,118	157,769	21,771
TOC - Carbono orgânico total (mg.L ⁻¹)	582,15	1741,8	5993,85
Zinco Total (mg.L ⁻¹)	0,211	0,278	0,230

O composto líquido 2 foi o que se destacou dentre todos analisados. O composto obteve, na sua composição, maiores quantidades dos nutrientes: Cálcio, Fósforo Total, Magnésio Total, Potássio e Sódio Total.

O fósforo é um elemento muito importante para o desenvolvimento das plantas devido a sua baixa disponibilidade no solo, onde se mantém adsorvido aos colóides do solo, formando compostos de baixa solubilidade (ARAÚJO; MACHADO, 2006). Além disso, o macronutriente possui função estrutural, sendo parte de muitos processos metabólicos, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração e fixação de Nitrogênio (VANCE *et al.*, 2003; PRADO, 2008).

O cálcio é um nutriente que se destaca devido à grande importância que tem para as plantas. Esse macronutriente é capaz de aumentar o acúmulo de nutrientes pela planta, é essencial para manter a integridade da membrana plasmática, bem como atuar na prevenção da perda de solutos para a solução externa (MALAVOLTA, 2008). A falta de cálcio leva a um baixo crescimento e desenvolvimento das raízes das plantas, prejudicando a absorção de nutrientes e água, sujeitando as plantas às deficiências minerais e a déficit hídrico (LAMBAIS, 2006).

Cakmak e Yazici (2010) afirmam que o magnésio quando absorvido pelas plantas possui uma grande quantidade de funcionalidades como a fixação fotossintética do dióxido de carbono, síntese protéica e formação de clorofila, além disso, processos fisiológicos e bioquímicos são afetados pela falta de magnésio, prejudicando o crescimento da planta e a sua produção.

O potássio, além de ser um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas uma vez que regula a pressão osmótica do tecido vegetal e atua na formação de frutos (RAMIRO, 2018). O elemento possui uma função necessária ao estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais (GATTWARD, 2010). O K é um nutriente muito importante para o aumento da produtividade de diversas culturas além de ser capaz de melhorar a qualidade das plantas (BIDARI; HEBSUR, 2011). O autor também afirma que o Sódio é um elemento que possui diversas funções, similares as do potássio, para planta como ativar algumas enzimas, favorecer a acumulação de frutose, aumentar o conteúdo de sacarose para algumas delas, facilitar a absorção do N, P, K. Contudo, o sódio é capaz de ser tóxico se estiver presente em grandes concentrações, reduzindo o crescimento e a produção das plantas e podendo causar seu amarelecimento e murchamento, a tolerância a níveis elevados de sódio varia consideravelmente dependendo da espécie de planta (BOOM, 2002). Desta maneira, é preciso estar atento nas quantidades ideais que devem ser utilizadas de cada nutriente, dependendo da cultura a ser produzida.

A caracterização do composto líquido 3 revelou que este possuiu os maiores valores de Nitrogênio total Kjeldahl e de Carbono Orgânico total. O nitrogênio é um importante macronutriente uma vez que é responsável por processamentos fisiológicos que ocorrem nas plantas, como a fotossíntese, a respiração, o crescimento e desenvolvimento e atividade radiculares, assim como a absorção de outros nutrientes (SOARES, 2013). Li *et al.* (2017) realizaram um estudo no qual observaram que quando as plantas estão efetivamente absorvendo nitrogênio, a disponibilidade do nutriente no solo diminui, limitando o acesso dos microrganismos ao elemento e, conseqüentemente diminuindo a decomposição da matéria orgânica do solo, aumentando a eficiência de carbono.

O Boro Total apresentou o mesmo valor para todos os compostos líquidos. O boro é um micronutriente que assume várias funcionalidades no metabolismo das plantas, ele é capaz de aumentar a produtividade de diversas culturas assim como

interferir na qualidade das plantas (FATIMA, 2013). Xavier e Natale (2017) ressaltam que a ausência de boro leva a um atraso no crescimento da planta e a morte de células apicais, reduzindo as novas brotações e limitando o crescimento das raízes uma vez que a utilização desse elemento influencia os acúmulos de cálcio nas raízes e de cobre em toda a planta.

A faixa ideal de pH dos biofertilizantes para desenvolvimento das culturas é entre 6 e 8, pois são valores onde se encontram solúveis a maioria dos macros e micronutrientes (QUADROS *et al.*, 2010). Dessa forma, todos os compostos líquidos estão de acordo.

Os resultados das análises microbiológicas encontram-se dispostos na Tabela 3. Pode-se observar que os valores estão dentro do previsto pela legislação. A instrução normativa SDA nº 27 de 05 de junho de 2006 (alterada pela in sda nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016) institui limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo. Para os metais pesados, o composto não foi analisado uma vez que não há indícios de contaminação dos mesmos nas matérias-primas utilizadas para compostagem, conseqüentemente, não havendo contaminação no composto.

Para o contaminante coliformes fecais, a norma admite um valor máximo de 1.000,00 número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS). Nos 3 compostos líquidos foi encontrado valor menor que 180 NMP/g de MS, valor muito abaixo do admitido. Para o contaminante ovos de helmintos a norma admite um valor máximo de 1,00 número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST) sendo que nos compostos há um número menor que 1 ovo/4g de ST. E, para o contaminante *Salmonella* sp. a norma estabelece que o mesmo deve estar ausente em 10 g de matéria seca sendo que em todos os compostos líquidos não houve a presença deste parâmetro.

A temperatura durante o processo de compostagem se tornou elevada, chegando a registrar nos termômetros temperaturas na faixa de 50 °C a 60 °C, o que pode provocar a redução de contaminantes. Santos *et al.* (2017) avaliaram o potencial agrônomo e o efeito da secagem em leito nas características microbiológicas e físico-químicas de amostras de lodo obtidas de um UASB que trata esgoto doméstico e analisaram que houve eficiente remoção de ovos viáveis de helmintos sendo que a temperatura de 30 °C e a elevada umidade do lodo na fase inicial podem ter favorecido

a maturação e eclosão dos ovos de helmintos, reduzindo sua concentração ao final do processo.

Tabela 3 - Análise microbiológica dos compostos líquidos gerados pela compostagem. Pelotas, 2019.

Parâmetro	Composto Liq. 1	Composto Liq. 2	Composto Liq. 3
Coliformes fecais (NMP/g de MS)	$< 1,8 \times 10^2$	$< 1,8 \times 10^2$	$< 1,8 \times 10^2$
Ovos de Helmintos (ovos/4g de ST)	< 1	< 1	< 1
Salmonella sp. (NMP/g de MS)	Ausente	Ausente	Ausente

3.4 Conclusões

A caracterização química dos compostos líquidos é variável conforme a composição das leiras havendo discrepantes diferenças tanto para macro e micronutrientes entre os compostos líquidos estudados.

Os três compostos líquidos contêm doses significativas de macro e micronutrientes, além de condições ideais de pH, possibilitando a utilização dos mesmos como biofertilizante para adubação de plantas.

Todos os compostos líquidos estão livres de contaminantes podendo ser condicionado ao uso agrícola sem danos a saúde, como comprovado pela caracterização microbiológica.

4 CAPÍTULO II - Uso de compostos líquidos de compostagem na produção de mudas de cana-de-açúcar

4.1 Introdução

A obtenção de mudas de cana-de-açúcar com qualidade é essencial visto que ela influencia na taxa de sobrevivência, no índice de velocidade de crescimento e na produtividade final (MORGADO *et al.*, 2000). Indústrias canavieiras e produtores de etanol vem buscando maneiras de otimizar o sistema de produção de cana-de-açúcar e verificou-se que o sistema de mudas pré-brotadas (MPB) é uma importante alternativa de produção (GOMES, 2013). O Programa Cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desenvolveu, em 2009, este método a fim de reduzir o volume de material, objetivando aumentar a produtividade.

O sistema de produção de mudas pré-brotadas permite melhorar o controle na qualidade e vigor, a uniformidade varietal e eleva a sanidade, minimizando o risco de disseminação de doenças (LANDELL *et al.*, 2012). Em relação ao plantio convencional o MPB possui algumas vantagens sendo a principal delas o volume de material de cana necessário para sua propagação (SILVA *et al.*, 2016). Desta maneira, o produtor pode reduzir custos para a multiplicação da cultura e obter melhores ganhos (CANAONLINE, 2017). Além disso, através do MPB as gemas podem ser selecionadas cuidadosamente, retirando as danificadas ou com presença de patógenos, melhorando o controle de qualidade e obtendo canaviais de alto padrão e, conseqüentemente com mais homogeneidade (XAVIER *et al.*, 2014).

O programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) apresentou um Censo Varietal em 2016 apresentando as variedades mais cultivadas de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, o qual é o maior produtor da cultura. O Censo Varietal Brasil 2017/18 feito pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa). determina que a variedade RB867515 lidera o ranking de maior área cultivada com 1,250,023 há, sendo seguida pela RB966928 com 608,006 há e em terceiro lugar segue a RB92579 com 491,753 ha.

Dentre os fatores que contribuem para a a expansão da produção e melhoria da qualidade da cana-de-açúcar estão a quantidade e a forma de disponibilização de

nutrientes para a planta uma vez que as plantas não recebam uma quantidade de nutrientes e/ou água suficiente para realizar seu metabolismo, poderá ocorrer perda na produção de açúcar ainda no campo (MUTTON; MUTTON, 2005). Desta forma, em razão da adubação e nutrição da planta da cana-de-açúcar ser um fator determinante no planejamento da atividade, é possível considerar que a melhora na produtividade da cultura será diretamente proporcional ao correto uso desses fatores (VITTI; MAZZA, 2002). O biofertilizante é uma interessante alternativa para a cana-de-açúcar uma vez que além de diminuir custos ao produtor, é uma alternativa de prover os nutrientes necessários a cultura causando menos impacto ambiental frente ao fertilizante químico.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar mudas das variedades RB966928 e RB92579 de cana-de-açúcar com o uso de três compostos líquidos gerados por compostagem em diferentes doses.

4.2 Materiais e métodos

O experimento foi instalado no dia 02 de julho de 2019 sendo conduzido em casa de vegetação da Embrapa Clima Temperado (sede), localizada no município de Pelotas, no Rio Grande do Sul, com latitude 52°26'25" Oeste e 31°40'41" Sul e altitude de 60 metros. A casa de vegetação onde o trabalho foi realizado é da marca Van der Hoeven, produzida em policarbonato alveolar, modelo duas águas, cujas dimensões são de 12,8m de largura e 12m de comprimento, além de antecâmara de acesso localizada em uma frontal da casa, que totalizam 165,6m². O manejo da temperatura foi feito através de sistema de resfriamento e ventiladores. A umidade foi controlada através de nebulizadores e a irrigação foi realizada através do sistema de microaspersores. Foram utilizadas duas variedades de cana-de-açúcar, a RB966928 de maturação precoce e a RB92579 de maturação médio tardia.

Para este estudo, as variedades foram analisadas independentemente. Foram realizados 12 tratamentos para cada variedade. O delineamento experimental foi blocos completamente casualizados (DBC) em esquema bifatorial 3x4 (Composto Líquido x Dose) com três repetições sendo que cada parcela foi constituída por 9 plantas.

Os compostos líquidos utilizados para este experimento foram os provenientes dos processos de compostagem apresentados no capítulo I deste trabalho. As doses do composto líquido utilizadas foram de 10, 20 e 30% (D1, D2 e D3) sendo as doses realizadas com água não tratada. A testemunha utilizada foi água não tratada.

Os colmos de cana-de-açúcar foram coletados no campo experimental e despalhados. As mudas foram produzidas a partir da produção de mudas pré-brotadas com a utilização de minitoletes, baseado no manual desenvolvido na Índia pelo ICRISAT (2009) e semelhante à metodologia de Landell *et al.* (2012). Para obtenção das mudas, os colmos foram cortados em toletes de uma gema, podendo ser denominados minitoletes, com o auxílio de guilhotina manual de lâmina dupla, a qual permitiu o corte uniforme dos mesmos (3 cm), separando as gemas viáveis e sem o ataque de pragas (Figura 5 A).

Os minitoletes foram imersos no composto líquido respectivo ao seu tratamento por 15 horas e então, plantados com substrato comercial Turfa Fértil® (caracterização contida na Tabela 4) em tubetes de 180 ml inseridos em bandejas com 54 furos (Figura 5 B). Após o plantio foram adicionados 10 ml do composto líquido os quais os minitoletes foram imersos, referente a cada tratamento em cada planta.

A brotação das mudas foi realizada em estufa com temperatura em torno de 30 °C. Devido às baixas temperaturas da época, as mudas foram levadas a uma câmara de crescimento com temperatura de 25 °C por 4 dias para a uniformização da brotação e então levadas para casa de vegetação onde o experimento foi conduzido por 45 dias. O sistema de irrigação nas casas de vegetação é automático.



Figura 5 - Processo de corte pela guilhotina do colmo de cana-de-açúcar em minitolete (A) e os minitoletes dispostos em tubetes (B). (Fotos: Ester Schiavon Matoso Embrapa Clima Temperado, 2018)

Tabela 4 - Características, descritas na embalagem do substrato comercial Turfa Fértil®. Embrapa Clima Temperado, 2018.

Condutividade elétrica (mS/cm)	Densidade em base seca (kg/m ³)	Potencial de Hidrogenio (pH)	Umidade máxima (%)	Capacidade de retenção de água- CRA (%)	Densidade em base seca (kg/m ³)
0,7 +/- 0,3	260	5,8 +/- 0,5	55	60	0,7 +/- 0,3

No dia 02 de setembro de 2019, 50 dias após a brotação, foi realizada a avaliação das mudas de cana-de-açúcar. Foram avaliadas, ao acaso, três mudas de cada parcela totalizando 9 mudas por tratamento. Primeiramente, o substrato foi lavado com água corrente (Figura 6 A). Em seguida, com o auxílio de uma trena, expressa em centímetros, foram medidas a altura da parte aérea, do início até o final da folha mais comprida (Figura 6 B), e o comprimento da raiz. O diâmetro do colo foi medido utilizando um paquímetro digital expresso em centímetros.



Figura 6 - Avaliação de mudas de cana-de-açúcar. (Foto: Anita Ribas Avancini Embrapa Clima Temperado, 2018)

O conteúdo de clorofila foi medido na parte intermediária das folhas +3, com um medidor de clorofila ClorofiLOG, da marca FALKER, modelo CFL 1030. Esse equipamento utiliza três faixas de frequência de luz, permitindo uma análise detalhada que pode ser visualizada instantaneamente. A medição óptica analisa a absorção de luz pela folha, indicando a presença de clorofila em valores SPAD (Soil Plant Analysis Development). Então, a parte aérea foi separada da raiz e a raiz separada do minitolete. Foram pesadas as massas frescas de parte aérea e raiz e foram colocadas em estufa a 60 °C por 48h. Em seguida, a massa seca da parte aérea e da raiz foram pesadas.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de pressupostos (normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos foi verificada graficamente). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e em caso de significância estatística, compararam-se os efeitos dos compostos líquidos pelo teste de Waller-Duncan ($p \leq 0,05$) com o auxílio do software SAS, versão 8.2 e as doses utilizadas foram analisadas utilizando-se o software SigmaPlot 10.0, pelos modelos de regressão: $y = y_0 + ax$; $y = y_0 + ax + bx^2$, onde y = variável resposta; y_0 = variável resposta correspondente ao ponto mínimo ou máximo da curva; a = valor máximo estimado para a variável resposta; b = declividade da curva; x = doses de composto líquido. A seleção do modelo foi baseada no baixo resíduo; baixo p-valor; e alto r^2 e r^2 adj, com ajuste de curvas pelos valores de média dos tratamentos, devido ao alto coeficiente de variação (CV) apresentado.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 RB92579

Comparando os efeitos entre os compostos líquidos, as variáveis altura, diâmetro de colo, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea e conteúdo de clorofila apresentaram interação entre os fatores de tratamento testados (Tabela 5). Já para as variáveis massa fresca da parte aérea e massa fresca e seca de raiz não houve diferença estatística. As médias de massa fresca da parte aérea variaram de 7,16 a 9,89 gramas, as médias da massa fresca de raiz foram na faixa de 4,36 a 6,83 e as massas secas de raiz variaram de 0,6 a 0,8 gramas.

O composto líquido 3 (CL3) se destacou, na D3, para as variáveis comprimento de raiz e altura resultando em um maior comprimento de raiz chegando a 22,56 cm e uma altura da planta de 51,67 cm. Porém, para esta última variável, não houve diferença estatística com o composto 1 (CL1) que alcançou uma altura de 50,11 cm. Desta forma, para comprimento de raiz, o CL3 é o mais eficiente e para altura, o CL3 e o CL1.

Tabela 5- Altura, diâmetro de colo, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz e conteúdo de clorofila de mudas de cana-de-açúcar da RB92579, em função dos compostos líquidos utilizados em três diferentes doses (concentrações). Embrapa Clima Temperado, 2019.

Comprimento de raiz (cm.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	17,33	17,67 ^{ns}	17,00 ^{ns}	16,89 b	17,18
CL2	17,33	19,00	19,11	15,71 b	17,94
CL3	17,33	16,78	15,89	22,56 a	18,41
Média	17,33	17,81	17,33	18,60	
CV (%)		19,76	18,98	22,59	
Altura (cm.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	53,65	58,78 ^{ns}	58,22 ^{ns}	50,11 a	55,70
CL2	53,65	51,33	51,78	42,71 b	48,61
CL3	53,65	59,00	56,33	51,67 a	54,64
Média	53,65	56,37	55,44	48,60	
CV (%)		17,20	13,89	18,14	
Diâmetro do colo (mm.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	132,66	122,44 ^{ns}	138,56 ^{ns}	141,11 a	134,04
CL2	132,66	133,67	136,22	118,71 b	129,53
CL3	132,66	137,22	143,22	122,22 b	134,22
Média	132,66	131,11	139,33	128,04	
CV (%)		27,79	23,13	27,58	
Conteúdo de clorofila (SPAD)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	32,52	31,22 b	31,43 ^{ns}	23,39 b	28,68
CL2	32,52	28,02 b	28,64	38,46 a	30,71
CL3	32,52	35,90 a	33,66	33,07 a	33,87
Média	32,52	31,71	31,24	31,73	
CV (%)		19,64	30,38	18,54	
Massa seca da parte aérea (g.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	2,44	2,70 ^{ns}	2,35 b	2,14 ^{ns}	2,40
CL2	2,44	2,25	3,05 a	1,80	2,37
CL3	2,44	3,04	2,31 b	2,43	2,59
Média	2,44	2,66	2,57	2,16	
CV (%)		41,59	16,87	28,48	

^{/1} Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Waller-Duncan ($p \leq 0,05$), comparando os compostos líquidos em função de cada uma das doses utilizadas. ^{ns} – Não significativo.

O comprimento de raiz e a altura são variáveis importantes para se determinar a qualidade das mudas de cana-de-açúcar, pois quanto mais nutrientes são disponibilizados para a planta, melhor será o desenvolvimento da raiz e maior sua altura. Portanto, o CL3 se destacou frente aos demais para estas variáveis na dose mais concentrada do composto. Provavelmente isto ocorreu visto que o CL3 é o que

apresenta maiores taxas de nitrogênio, como mencionado no capítulo anterior, um nutriente muito importante para as mudas de cana-de-açúcar.

Anderson e Bowen (1992) afirmam que o nitrogênio é um componente essencial para a cana-de-açúcar sendo determinante para que ocorram os processos enzimáticos na planta. Darli *et al.* (2008) realizou um experimento com cana soca no segundo e terceiro ciclo, utilizando três doses de nitrogênio (50%, 100% e 150% da recomendação), aplicadas através de fertirrigação, dividido em 18 aplicações, e concluiu que a maior dose de nitrogênio aplicada, resulta em uma maior produtividade de cana-de-açúcar, assim como uma menor dose de nitrogênio implica em menores produtividades.

O CL3 apresentou o maior diâmetro de colo na D2 (143,22), porém este valor não diferenciou estatisticamente dos demais, ou seja, a utilização de todos os compostos é igualmente eficiente para se obter um bom diâmetro de colo. Na D3 maior diâmetro de colo (141,11 mm) foi da CL1, que se destacou significativamente dos demais compostos líquidos. Landell (2004) afirma que o diâmetro de colo é uma importante variável a ser analisada na cana-de-açúcar a fim de estimar o seu potencial produtivo na área agrícola uma vez que está relacionado à produtividade. Para as mudas, o diâmetro de colo é muito importante uma vez que este está relacionado ao potencial de sobrevivência da planta no campo após o transplante sendo determinante para definir sua produtividade futura.

O CL2 e o CL3 demonstraram os maiores valores de conteúdo de clorofila, diferenciando estatisticamente dos demais para a dose mais concentrada (D3). Já na D2, apenas o CL3 se destacou significativamente dos demais compostos.

Sabe-se que quanto maior o conteúdo de clorofila da folha, maior é a quantidade de nitrogênio contida ali (PÔRTO *et al.*, 2011). Dessa forma, o comportamento do conteúdo de clorofila é explicado observando os valores de nitrogênio contidos nos compostos líquidos. O CL1 é o que menos possui este nutriente, e o mesmo apresentou menores conteúdos de clorofila do que os demais. O CL2 é o segundo composto que apresentou maiores níveis de nitrogênio, sendo que apenas na dose mais concentrada ele se destacou significativamente de modo positivo. O CL3 apresentou maiores valores de nitrogênio apresentando também, os maiores conteúdos de clorofila mesmo na menor dose.

O CL2 e o CL3 apresentaram os maiores valores em relação a massa seca da parte aérea. Porém, apenas o CL2 se destacou significativamente na D2. Bologna

(2007) observou um acréscimo na massa seca da parte aérea e das raízes da cana-de-açúcar quando foi aplicado nitrogênio. Fato que explica o comportamento analisado neste trabalho uma vez que, comparado ao CL1, o CL2 e o CL3 apresentam conteúdos de nitrogênio muito maiores.

Houve intereção estatística para os efeitos de dose para as variáveis altura, comprimento de raiz, conteúdo de clorofila e massa seca da parte aérea. Não houve diferença significativa entre as doses testadas para o diâmetro de colmo para nenhum composto. Ou seja, os minitoletes sendo imersos nos compostos líquidos não resultaram no aumento do diâmetro dos colmos das mudas. Entretanto, isto tornou os tratamentos mais uniformes, o que é importante para o plantio de cana-de-açúcar a partir de mudas (XAVIER *et al.*, 2014).

A Figura 7 representa a tendência da altura da muda em função das doses dos três compostos líquidos experimentados. Para o CL1, as maiores alturas de planta foram atingidas ao utilizar a D2, para o CL2 e para o CL3, ao utilizar a D1.

Ao realizar a comparação entre as doses para o CL1 observou-se que quando os minitoletes foram imersos na D1 e D2 houve acréscimos na altura das mudas, respectivamente de 13,09 e 14,45% quando comparadas ao controle (D0). Já da dose 20 para 30% houve um decréscimo de 9,04% na altura das mudas, induzindo que, dentre as doses testadas, a de 20% é a adequada para atingir maiores alturas de mudas para este composto.

Os CL2 e CL3 apresentaram comportamentos os quais demonstram que a D1 é o mais eficiente para altura das mudas. O CL2 aumentou 13,21% da D0 para a D1, porém diminuiu 2,09% da D1 para a D2 e, 18,47% da D1 para a D3. O CL3 apresentou um acréscimo de 16,49% da dose 0 para dose 1 e um decréscimo de 2,5% da D1 para D2 e de 21,63% da D1 para D3.

Todas as mudas aumentaram o valor da altura de acordo com a dose até um determinado momento e então diminuíram. Portanto, sugere-se que houve fitotoxicidade nas mudas submetidas a D3 do CL1 e a D2 e D3 do CL2 e CL3, ou seja, a dose estava muito concentrada tornando o composto tóxico as plantas. Costa *et al.* (2008) ressaltam que a toxicidade ocorre dependendo da concentração, do tempo de exposição e das propriedades químicas que o organismo é exposto. Severino *et al.* (2007) utilizaram torta de mamona como fertilizante orgânico e observaram que este composto fornecido em dose superior a 4% (em volume), pode provocar toxicidade sobre a mamoneira, comprometendo a emergência e o crescimento inicial da planta.

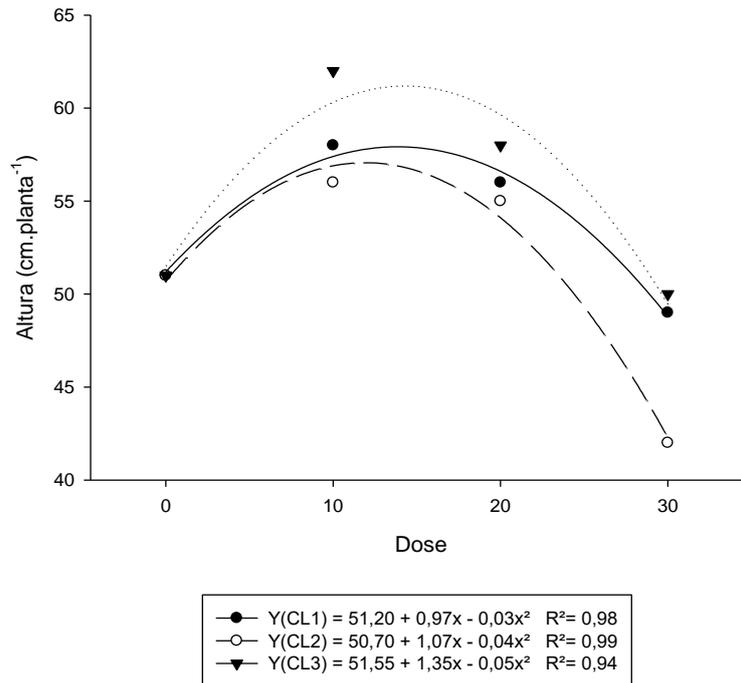


Figura 7 - Altura de mudas de cana-de-acúcar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

O maior comprimento de raíz para o CL1 e para o CL2 foi obtido ao utilizar a D1. Já para o CL3 o maior comprimento de raíz foi na D3 (Figura 8). Observa-se que, pode ter havido fitotoxicidade para está variável no CL1 e no CL2, uma vez que os valores se comportaram da mesma forma que para a altura de mudas, alcançando um valor máximo na D1 e D2 e então diminuindo na dose mais concentrada.

Ao realizar a comparação entre as doses de doses dos compostos líquidos, observou-se que as mudas de cana-de-açúcar do CL1 quando submetidos a dose de 10% obtiveram acréscimo no teor de comprimento de raízes de 30,5%, quando comparados ao controle (D0). Todavia, houve um decréscimo da D1 em relação a dose de 20 e 30% de 24,74 e 35,65%, respectivamente, levando a crer que a dose de 10% é a mais indicada para o CL1 para obtenção de mudas com maiores comprimentos de raízes.

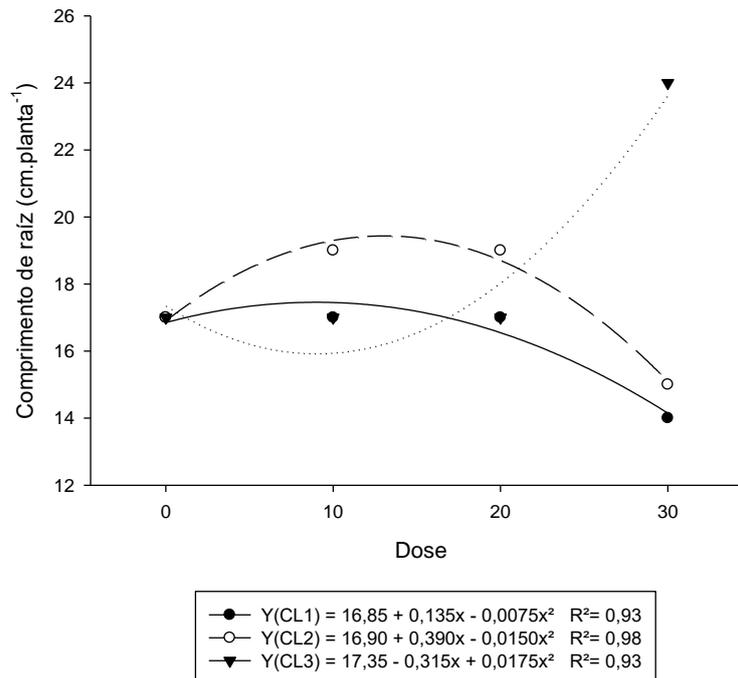


Figura 8 - Comprimento de raiz de mudas de cana-de-acucar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

O CL2 obteve comportamento parecido ao anterior sendo a D1 a dose mais eficiente tendo aumentado 14,2% em relação a D0 e tendo diminuído 3,11 e 21,76% em comparação com a D2 e com a D3, respectivamente. Em contrapartida, o CL3 desempenhou comportamento diferente dos demais. Este composto cresceu 36,23% da D0 para a D3, ou seja, a dose de 30% é a que apresenta maiores comprimentos de raízes sendo que a curva tende a crescer à medida que aumenta a dose do CL3.

O comprimento de raiz é uma variável importante para as mudas de cana-de-açúcar pois são as raízes que controlam fatores como a absorção de água e de nutrientes. Deste modo, mudas que apresentam maiores comprimentos de raiz são capazes de propiciar melhores condições de absorção de água e de nutrientes. O CL3 desempenhou maiores valores de nitrogênio, e Matoso *et al.* (2020) ressaltam que a limitação de nitrogênio nas plantas induz o crescimento das raízes laterais e consequentemente raízes principais mais curtas, confirmando o resultado obtido neste trabalho. Uma baixa disponibilidade de nutrientes disponíveis para a planta limita o crescimento e o amadurecimento das mesmas. Portanto, as plantas modificam suas características, como a arquitetura da raiz, como forma de conviver com esse

estresse. Silva e Delatorre (2009) afirmam que as modificações do sistema radicular auxiliam a exploração dos nutrientes no substrato, potencializando a absorção dos mesmos pelas plantas.

O conteúdo de clorofila (SPAD) dos compostos líquidos apresentou comportamentos distintos, conforme mostrado na figura 9. O CL3 foi o que obteve os maiores decréscimos de conteúdo de clorofila sendo que a D3 apresentou o maior valor de diminuição. A D3 é a melhor diluição para o CL2 também, porém, houve uma diminuição mais moderada que o composto anterior. A D1 foi a que demonstrou maior diminuição desta variável para o CL2.

O CL1 apresentou uma tendência de declínio do conteúdo de clorofila entre todas as doses, sendo a perda da D0 para a D3 de 35,45%. A D3 performou melhor no CL2 com um aumento de 4,68% em relação a D0, apesar de ter sofrido um decréscimo na D1 e D2. Já o CL3 obteve um pequeno acréscimo de 0,64% da D0 para a D1 e então decresceu 10,93% até a D3 com a tendência de decréscimo seguindo à medida que a dose aumentou.

Estes fatos podem ser explicados em razão do conteúdo de nitrogênio presente nestes compostos líquidos. O CL2 e o CL3 possuem valores de nitrogênio muito acima do CL1. Desta maneira, para o CL1 houve maiores perdas nos teores de clorofila, enquanto nos CL2 e CL3 houve um aumento. Pôrto et al. (2011) ressaltam que há uma correlação positiva entre o conteúdo de clorofila e a concentração de nitrogênio em que a planta tem acesso.

As clorofilas são pigmentos dos complexos coletores de luz (LHC) para as reações fotoquímicas que refletem a cor verde. A clorofila desempenha um papel importante na fotossíntese, sendo responsável pela captação de energia luminosa. A alta eficiência fotossintética pode levar ao incremento de produtividade agrícola, e essa relação está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos (SILVA *et al.*, 2014; TAIZ; ZEIGER, 2009).

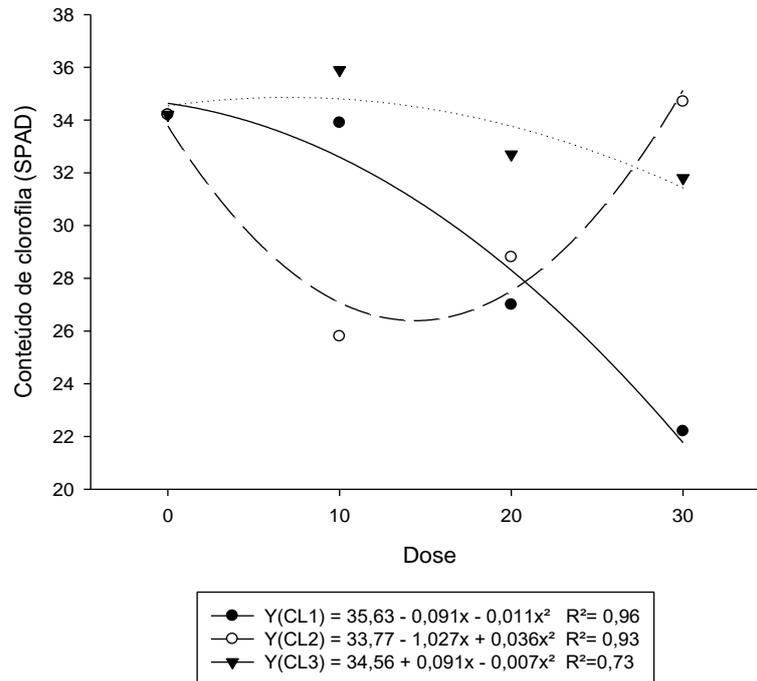


Figura 9 - Conteúdo de clorofila (SPAD) de mudas de cana-de-acúcar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

A diferença significativa entre as doses avaliadas para a massa seca da parte aérea pode ser observada na Figura 10. Para todos os compostos líquidos, a D1 foi a mais indicada para alcançar maiores valores de massa seca da parte aérea.

A D1, para o CL1, alcançou maiores valores de massa seca da parte aérea tendo aumentado 10,84% em relação a testemunha. Após a D1 a tendência da curva é em direção ao decréscimo de massa sendo que da DL1 para D2 houve uma diminuição de 11,59% e da D1 para a D3 uma diminuição considerável de 45,64%. Da mesma maneira, o CL2 e o CL3 demonstraram seu maior ponto da curva na D1 obtendo acréscimos de 18,75 e 19,29%, respectivamente, em relação a testemunha. Ao realizar a comparação entre as doses dos compostos líquidos observou-se que as mudas do CL2 quando submetidas as doses de 20 e 30% obtiveram decréscimos nos teores de massa seca da parte aérea, respectivamente de 6,78 e 36,08%, quando comparados a dose 10%. E, ao comparar os teores de massa seca das doses do CL3 observou-se a diminuição de 3,63 e 27,06% da testemunha para as doses 2 e 3, respectivamente.

Seguindo a mesma tendência das variáveis anteriores, a massa seca da parte aérea confirma os valores encontrados anteriormente, uma vez que se pode ter havido fitotoxicidade já na D2 para o CL1 e na D3 para o CL2 e para o CL3.

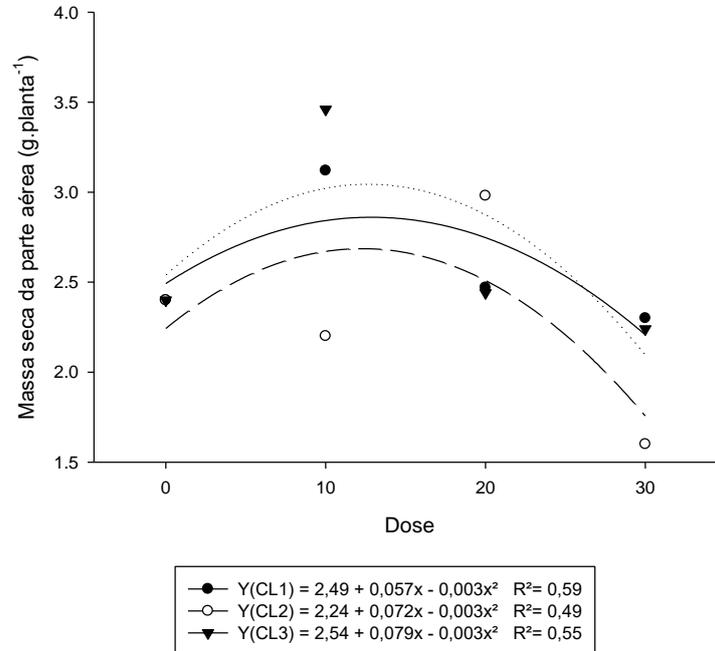


Figura 10 - Massa seca da parte aérea de mudas de cana-de-acucar cv RB92579 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

4.3.2 RB966928

A Tabela 6 apresenta os resultados das variáveis da variedade RB966928. Houve diferença estatística entre compostos para todas as variáveis analisadas exceto para massa fresca da parte aérea e massa seca de raiz. Para massa fresca da parte aérea os valores deram entre 5,16 e 8,42 g.planta⁻¹ e de massa seca de raiz, 0,82 e 1,09 g.planta⁻¹.

Para se obter maiores valores de massa seca da parte aérea, o CL2 é o mais eficiente tendo alcançado 4,41 g de massa sendo destaque significativo comparado aos demais.

Tabela 6 - Altura diâmetro de colo, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea e massa fresca raiz de mudas de cana-de-açúcar da RB966928, em função dos compostos líquidos utilizados em três diferentes doses (concentrações). Embrapa Clima Temperado, 2019.

Comprimento de raiz (cm.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	12,0	13,11 b	13,78 ^{ns}	14,44 a	13,78
CL2	12,0	17,56 a	12,89	14,11 a	14,85
CL3	12,0	14,00 b	11,75	11,62 b	12,46
Média	12,0	14,89	12,84	13,46	
CV (%)		23,95	28,02	17,73	
Altura (cm.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	41,34	44,67 b	40,78 b	51,67 b	45,71
CL2	41,34	50,67 a	45,56 a	52,67 a	49,63
CL3	41,34	51,33 a	40,78 b	46,50 b	46,20
Média	41,34	48,89	44,81	50,31	
CV (%)		14,81	19,82	11,09	
Diâmetro do colo (mm.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	132,50	146,67 ^{ns}	153,22 ^{ns}	161,67 a	153,85
CL2	132,50	148,67	145,78	153,00 a	149,15
CL3	132,50	137,44	129,33	137,44 b	134,74
Média	132,50	144,26	142,78	150,70	
CV (%)		16,89	21,39	21,37	
Massa seca da parte aérea (g.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	1,82	2,47 ^{ns}	2,32 ^{ns}	3,89 b	2,89
CL2	1,82	3,07	2,99	4,41 a	3,49
CL3	1,82	2,78	3,20	2,29 b	2,76
Média	1,82	2,78	2,84	3,53	
CV (%)		30,62	46,96	56,53	
Massa fresca da raiz (g.planta ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	1,12	3,36 a	2,10 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,50
CL2	1,12	1,55 b	1,97	3,60	2,37
CL3	1,12	0,80 b	2,98	2,11	1,96
Média	1,12	1,90	2,35	2,51	
CV (%)		9,99	25,79	51,95	

^{/1} Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Waller-Duncan ($p \leq 0,05$), comparando os compostos líquidos em função de cada uma das doses utilizadas. ^{ns} – Não significativo

O maior valor de diâmetro de colo foi obtido pelo CL1, porém, este não diferiu estatisticamente do CL2, desta forma, ambos compostos líquidos são indicados para esta variável. A massa seca da parte aérea e o diâmetro do colo apresentaram diferença significativa apenas para a dose mais concentrada de composto líquido, a D3. O CL2 foi o composto que desenvolveu raízes mais compridas dentre os testados atingindo 17,6 cm de comprimento. Porém, na D3, a dose mais concentrada, o valor não diferenciou significativamente do CL1.

Para massa seca da parte aérea, o CL2 é o composto recomendado para que maiores massas sejam obtidas, uma vez que alcançou 4,41 g, o maior valor dentre todos testados. O CL1 respondeu melhor para a massa fresca de raiz, atingindo 3,36 g e diferenciando estatisticamente dos demais. Já para massa seca de raiz, o CL2 foi o que alcançou os maiores valores (0,87 g). A diferença estatística foi apenas para D2.

Para o efeito de dose houve diferença significativa para as variáveis comprimento de raiz, altura da planta, conteúdo de clorofila, massa seca da parte aérea e massa fresca de raízes.

A Figura 11 exhibe a tendência das doses de concentração dos compostos líquidos em função do comprimento das raízes das mudas de cana-de-açúcar da variedade RB966928. O composto líquido 1 e 2 apresentaram comportamento linear positivo, ou seja, quanto maior a dose em que as mudas foram submetidas, maior foi o comprimento de raiz das mudas. O acréscimo do teor do comprimento das mudas da dose de 30% do composto líquido 1 e 2 foi de 12,88% do primeiro e de 38,72% do segundo em relação ao D0. Em contrapartida, o composto líquido 3 apresentou maiores comprimentos de raízes ao utilizar a D1, tendo aumentado 13,72% em relação a testemunha, uma vez que houve decréscimo das taxas a partir desta dose, diminuindo 24,24% dela para a D3.

Observa-se que o CL2 se destacou positivamente em relação ao comprimento de raiz das mudas da cana-de-açúcar para esta variedade. Da mesma forma, o composto líquido 2 obteve maiores valores de potássio em sua composição como visto no capítulo 1. Marques *et al.* (2006) afirmam que diversos trabalhos comprovam a forte reação da cana-de-açúcar aos macronutrientes primários e secundários, sendo o potássio destaque, uma vez que é absorvido em grande quantidade por essas plantas. Otto *et al.* (2010) ressaltam que de maneira geral, o potássio é um dos nutrientes que provoca as melhores respostas para a cana-de-açúcar causando efeito na altura das plantas, perfilhamento e na produção de colmos. A absorção do potássio é maior, geralmente no primeiro ano da cana-planta, tendendo a estabilidade ou diminuição após esse período voltando para o solo.

Como ilustrado na Figura 12, a D3 apresentou as maiores alturas de mudas para todos os compostos líquidos estudados. Assim como na variável anterior, os compostos líquidos 1 e 2 apresentaram comportamento linear positivo sendo que a tendência do gráfico é de que quanto maior a dose do CL, maior a altura da muda. Já

o CL3, apesar de apresentar a maior taxa de altura na D3, o gráfico segue uma tendência de crescimento quadrático, ou seja, atingiu o pico de crescimento nesta dose e tende a diminuir à medida que a dose aumenta. O teor de crescimento (D3) da altura das mudas, a partir da testemunha (D0) foi de 42,51, 32,53 e 23,96% para o CL1, CL2 e CL3, respectivamente.

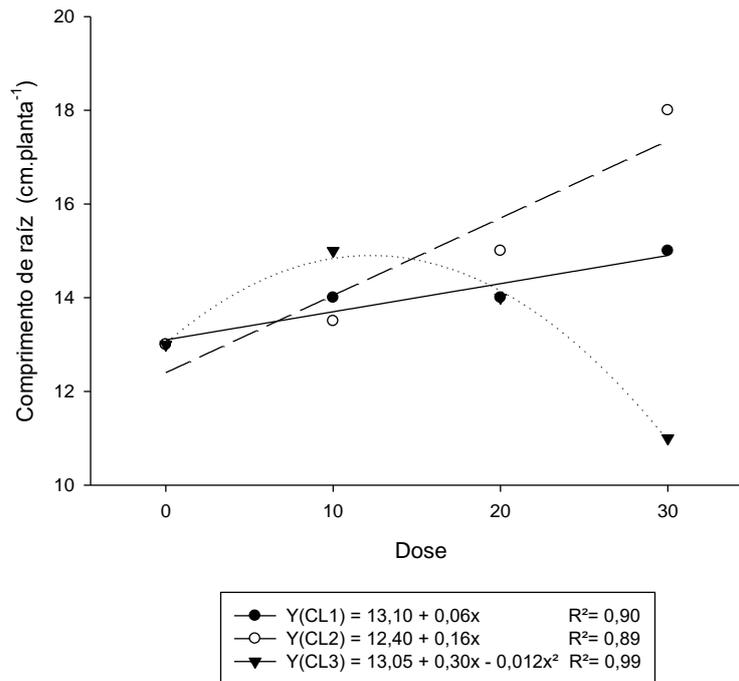


Figura 11 - Comprimento de raiz de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

Uma boa condição de raízes reflete na parte aérea das plantas e observa-se que o comportamento dos tratamentos em relação a altura das mudas foi semelhante ao comportamento dos mesmos em relação ao comprimento de raiz. O CL1 e o CL2 aumentaram a altura e o comprimento de raiz à medida que as doses estavam mais concentradas com composto. Essa relação é confirmada por Matoso (2018) que em seu trabalho observou que nos tratamentos os quais a raiz melhor se desenvolveu, também foram obtidas mudas mais altas e com maior massa fresca, ou seja, mudas com parte aérea mais desenvolvida.

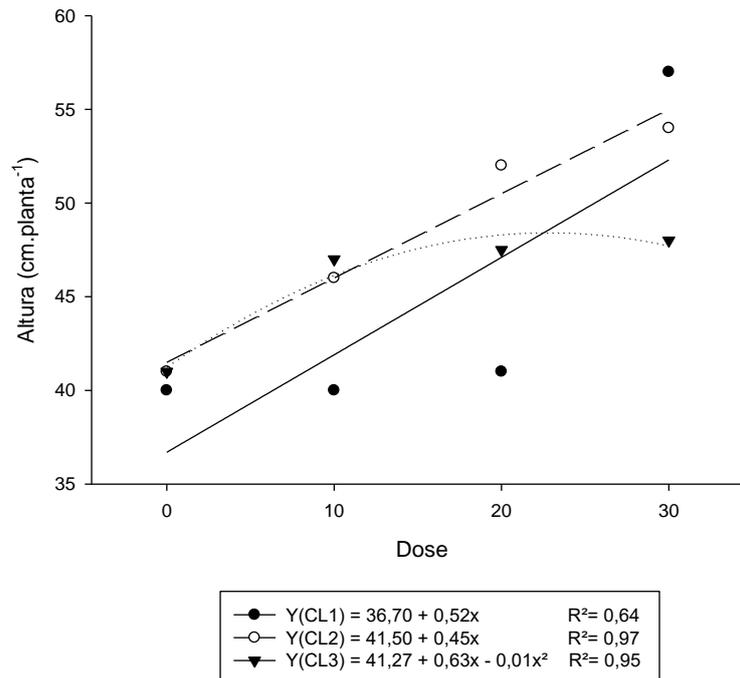


Figura 12 - Altura de mudas de cana-de-acúcar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

O conteúdo de clorofila (SPAD) representado pela Figura 13 apresenta comportamento quadrático para todos os compostos líquidos, indicando que a tendência é de que haja crescimento na taxa de conteúdo de clorofila até atingir um determinado ponto em que haverá decréscimo da taxa a partir de então. No caso do CL1 é possível observar que a linha está se estabilizando no ponto da D3, onde atinge a maior taxa de conteúdo de clorofila, de 42,96% em relação a D0. Já o CL2 e o CL3 atingem o ponto mais alto da curva na D2, acrescendo 41,89 e 30,48%, respectivamente, a partir da testemunha. Do D2 para o D3, o CL2 decresce 16,13% e o CL3, 9,74%.

O conteúdo de clorofila é diretamente proporcional a quantidade de massa seca da planta uma vez que quando a planta seca, ela absorve o nitrogênio (MARTUSCELLO *et al.*, 2009).

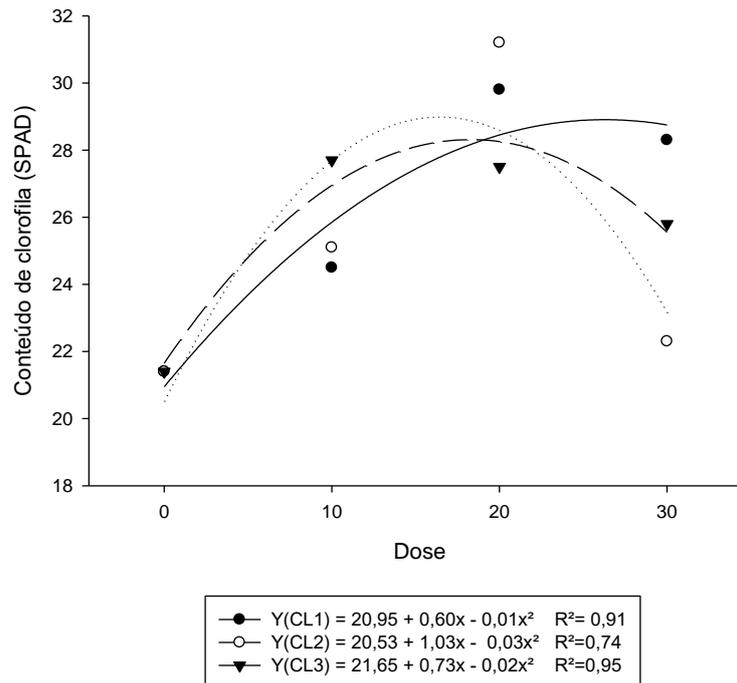


Figura 13 - Conteúdo de clorofila (SPAD) de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

No gráfico de massa seca da parte aérea (Figura 14) observamos que há funções quadráticas positiva e negativa. O CL1, mesmo sendo uma função quadrática positiva, não apresentou decréscimo entre as doses testadas, sendo maior a taxa de massa conforme maior é a dose. O acréscimo do D3 em relação a testemunha foi de 18,83% de massa. Com o CL2 ocorreu o mesmo caso do CL1, sendo maior a massa seca à medida que a dose aumenta, porém, sua função é quadrática negativa. O teor de D3 aumentou 43,44% de massa em relação a D0. Todavia, o CL3 atingiu o melhor resultado na D2 tendo crescido 74,02% a partir da testemunha e decrescido 22,96% da D2 para a D3.

Os valores de massa seca da parte aérea refletem na capacidade de resistência das mudas de cana-de-açúcar às condições anormais após o plantio. Gazola et al. (2017) realizaram um experimento a fim de avaliar a influência das adubações químicas e orgânicas na formação de mudas de cana-de-açúcar feitas em sistema de mudas pré-brotadas. Os autores observaram que os tratamentos que receberam adubação química (não os orgânicos) apresentaram maiores valores de massa seca da parte aérea. Os autores utilizaram, para formulação de seu fertilizante orgânico, a torta de filtro, matéria-prima a qual é resíduo do processo de cana-de-

açúcar e é rica em fósforo. O nutriente fósforo aparece em maiores quantidades no CL2, dessa maneira, as características dos fertilizantes orgânicos utilizados pelos autores citados são semelhantes as dos compostos líquidos deste experimento, principalmente ao CL2. Por isso, pode-se acreditar que, apesar do fósforo ser um nutriente importante para cana, pode-se ter havido um excesso deste elemento no processo acarretando danos para esta variável.

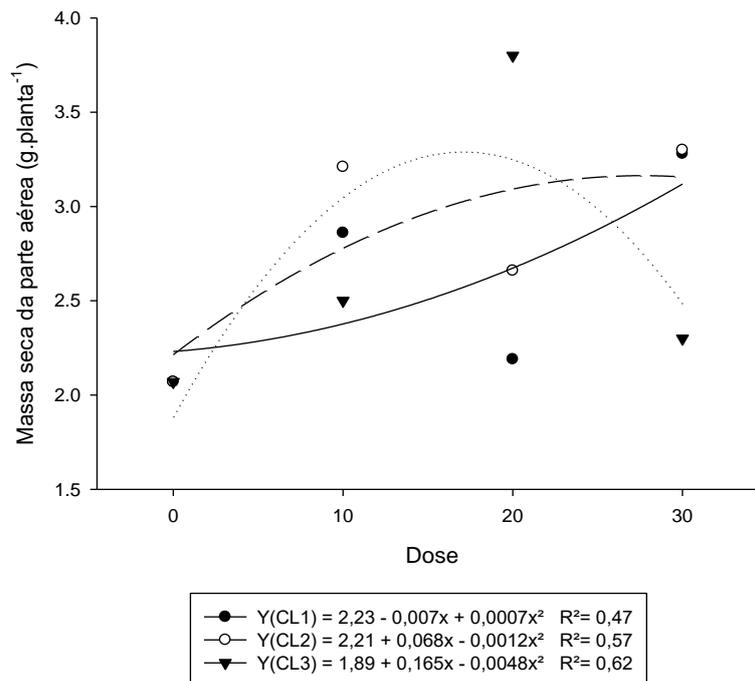


Figura 14 - Massa seca da parte aérea de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

A massa fresca da raiz é uma das variáveis mais importantes para a produção de mudas de cana-de-açúcar uma vez que a raiz é o que dá sustentação para a planta e precisa estar bem desenvolvida para que a muda sobreviva ao transplante e cresça no campo.

A massa fresca das raízes do CL1, como observado na figura 15, apresenta crescimento quadrático negativo uma vez que houve acréscimo na proporção de 83,61% da D0 para a D2 e então, com a massa tendendo a ficar menor, diminui 20,08% da D2 para a D3 levando a conclusão que para este composto líquido a dose 20% é mais eficaz que as demais. Já o CL2 e o CL3 apresentam função quadrática positiva na qual demonstra que, primeiramente houve uma diminuição na taxa de

matéria seca e então essa taxa tende a aumentar. A D3 foi a mais eficiente para ambos compostos indicando uma proporção de crescimento desde a D0 de 263,48 e 93,44% para o CL2 e o CL3 na ordem mencionada.

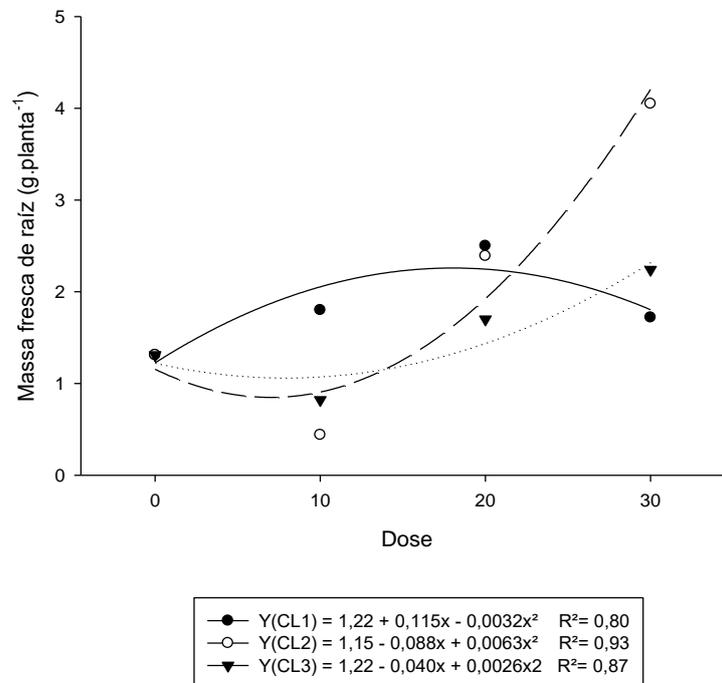


Figura 15 - Massa fresca de raiz de mudas de cana-de-acucar cv RB966928 em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

Santos *et al.* (2009) afirmam que o fósforo representa um importante papel no enraizamento e no perfilhamento da cana-de-açúcar, refletindo na produtividade final e no rendimento de açúcar. Além disso, Mahadevaiah *et al.* (2007) asseguram que a deficiência de fósforo na cana-de-açúcar prejudica a absorção de nitrogênio e diminui a concentração de sacarose, portanto a adubação fosfatada afeta diretamente a quantidade de açúcar e a pureza do caldo (ELAMIN *et al.*, 2007). Dessa forma, os resultados se confirmam uma vez que o CL2 apresenta mais de 2x a quantidade de fósforo em sua composição do que os outros compostos.

Gazola *et al.* (2017) declaram que há uma carência de informações acerca de quais nutrientes e formas de aplicação devem ser realizados para a produção de mudas de cana-de-açúcar pelo sistema de mudas pré-brotadas. Além disso, a respeito dos fertilizantes orgânicos faltam informações quanto às características físico-

químicas dos resíduos agroindustriais, para que sua correta utilização na produção de mudas seja possível.

4.4 Conclusões

Os três compostos líquidos testados são benéficos para produção de mudas de cana-de-açúcar para as variedades RB966928 e RB92579, sendo que as doses e compostos ideais variam de acordo com cada variável.

Com base nos resultados é possível concluir que além da composição química dos compostos líquidos terem contribuído para produção de mudas de cana-de-açúcar, pode estar havendo interação da planta com os microorganismos que explique tais benefícios obtidos.

5 CAPÍTULO III - Produção de batata-semente utilizando compostos líquidos provenientes de compostagem

5.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma cultura essencial sendo fonte de alimento para diversas pessoas em todas as regiões do mundo. A produção de batata no Brasil em 2019 foi de 3,85 milhões de toneladas enquanto no Rio Grande do Sul foi de aproximadamente 0,45 milhões de toneladas (IBGE, 2020).

A cultivar Ágata é a mais plantada no Brasil e a mais aceita entre os consumidores no mercado para utilização do tubérculo in natura (CARDOSO *et al.*, 2017). Essa cultivar, apesar de apresentar um teor baixo de matéria seca, apresenta um alto rendimento e é caracterizada como de maturação precoce (MIRANDA FILHO, 2003). As plantas da cultivar Ágata possuem hastes finas com forte pigmentação verde, folhas de médias a grande de coloração verde clara, produzem tubérculos ovais, grandes e com a película amarela e lisa, a polpa tem cor amarelo-clara (REIS, 2008). As gemas dessa cultivar brotam facilmente de forma natural tornando o plantio rápido e fácil (SILVA *et al.*, 2009).

A composição nutricional da batata e suas características físico-químicas variam de acordo com a cultivar utilizada, a disponibilidade de nutrientes, a condição de maturação, o processo de colheita, entre outros (Fernandes *et al.*, 2015). O uso de batata-semente de alta qualidade é essencial para que se obtenha uma grande produtividade de batata no campo. No Brasil, a solução para a otimização do processo é aumentar a taxa de multiplicação e a oferta de material propagativo de alta qualidade (CALORI *et al.*, 2017). Dessa forma, é possível reduzir os custos, aumentar a produção e melhorar a qualidade do produto ofertado podendo até mesmo destacar o país em relação a batata-semente importada.

Um dos fatores fundamentais para que sejam adquiridas batatas de qualidade é a adubação. Dessa forma, é essencial que sejam estabelecidas aplicações ponderadas de nutrientes a fim de aumentar a qualidade do produto (CARDOSO *et al.*, 2017). As doses que os produtores aplicam de fertilizantes oscilam entre: 60 a 250 kg ha⁻¹ de N, de 100 a 850 kg ha⁻¹ P₂O₅, e de 50 a 400 kg ha⁻¹ de K₂O (FONTES, 2005). Porém, a utilização de agentes químicos como a fertilização mineral vem sendo

muito criticada uma vez que causa um grande impacto negativo ao meio ambiente, portanto, alternativas que minimizem esses efeitos têm ganhado bastante interesse (HOLE *et al.*, 2005). Muitos produtores rurais já realizam o processo de compostagem em suas propriedades. Durante o processo, é gerado um líquido como subproduto que, muitas vezes, não é aproveitado de maneira adequada. A utilização do composto líquido residual da compostagem pode, além de diminuir custos para o produtor, ser uma opção menos agressiva ao meio ambiente como forma nutricional para a batata.

Desta maneira, o objetivo deste capítulo foi avaliar a produção de batatas-semente, em vasos, da cultivar Ágata, com o uso de quatro doses de compostos líquidos provenientes de três compostagens.

5.2 Materiais e métodos

O experimento foi conduzido no período de junho a setembro de 2019, sob ambiente protegido, na Embrapa Clima Temperado (52°26'25"O, e 31°40'41"S e altitude de 60m) localizada no município de Pelotas/RS. Segundo classificação de Koppen (1931), o clima da região é subtropical mesotérmico-úmido (Cfb), sem estação seca e invernos moderados.

A casa de vegetação onde foi desenvolvida a produção de mudas é da marca Van der Hoeven, produzida em policarbonato alveolar, modelo duas águas, cujas dimensões são de 12,8m de largura e 12m de comprimento, mais antecâmara de acesso localizada na área frontal da casa, que totalizam 165,6m². O manejo da temperatura foi feito através de sistema de resfriamento e ventiladores. A irrigação dos vasos foi feita através do sistema de gotejamento o qual era ligado 1 vez ao dia durante 10 minutos.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC) com 3 repetições sendo cada parcela constituída de 3 vasos, totalizando 90 plantas. O arranjo experimental foi um bifatorial 3 x 3 (dose x composto) no objetivo estão 4 doses mais a testemunha, totalizando 11 tratamentos. A cultivar utilizada foi a Ágata, com batatas-semente tipo II disponibilizada pela Embrapa Clima Temperado.

Os compostos líquidos utilizados para este experimento foram os provenientes dos processos de compostagem como consta no capítulo I deste trabalho. As doses do composto líquido utilizadas foram de 10, 20 e 30% (D1, D2 e D3), sendo as doses

realizadas com água não tratada. A testemunha utilizada foi água não tratada. No dia anterior ao plantio, foram preparadas as doses em recipientes devidamente identificados, as batatas-semente foram desbastadas, uma vez que já possuía brotos, e então foram imersas nas soluções de composto líquido por 15 horas.

No dia 12 de junho de 2019 foi feito o plantio da batata da variedade Ágata. Foi utilizado substrato comercial Turfa Fértil®, o qual a caracterização se encontra disposta na Tabela 7. As formulações compostas de fertilizantes (NPK) na proporção 5-20-10 e 4-14-8 são as mais utilizadas para a cultura da batata (QUEIROZ *et al.*, 2013). Desta maneira, para este trabalho, foi utilizada a formulação 5-20-10 utilizando como referência os valores 200 kg de N, 100 kg de P₂O₅ e 100 kg de K₂O/ha encontrados por Perrenoud (1993), proporcionalmente para a quantidade de substrato utilizada. Foi plantada uma batata-semente por vaso. Para o vaso foram utilizados sacos plásticos pretos furados de 5 litros. Após o plantio, foram adicionados 100 ml da solução de composto as quais as batatas-semestres ficaram emergidas, de acordo com seus respectivos tratamentos.

O experimento foi realizado e mantido em caixas plásticas sob bancadas em casa de vegetação climatizada a 29 °C com irrigação automática. Após 20 dias do plantio, os vasos de batata foram realocados para outra casa de vegetação com temperatura de 20 °C e irrigação por gotejamento sendo os vasos foram mantidos no chão com uma distância de 0,5 m entre eles como mostra a Figura 16. Aos 46 dias do plantio foi necessária a aplicação do inseticida Actara 250 WG sendo o local isolado por 3 dias.

Aos 62 dias do plantio, foram feitas avaliações de senescência, através da contagem de folhas amareladas que havia em cada planta, e de conteúdo de clorofila. O número de folhas amarelas representa a senescência da planta da batata. Quanto mais amarelas estão as folhas significa que a planta está mais avançada no seu ciclo de desenvolvimento. O conteúdo de clorofila foi medido na parte intermediária da folha principal, com um medidor de clorofila ClorofiLOG, da marca FALKER, modelo CFL 1030. Esse equipamento utiliza três faixas de frequência de luz, permitindo uma análise detalhada que pode ser visualizada instantaneamente. A medição ótica analisa a absorção de luz pela folha, indicando a presença de clorofila em valores SPAD (Soil Plant Analysis Development).

Tabela 7 - Características, descritas na embalagem, do substrato comercial Turfa Fértil®. Embrapa Clima Temperado, 2018.

Condutividade elétrica (mS/cm)	Densidade em base seca (kg/m ³)	Potencial de Hidrogenio (pH)	Umidade máxima (%)	Capacidade de retenção de água - CRA (%)	Densidade em base seca (kg/m ³)
0,7 +/- 0,3	260	5,8 +/- 0,5	55	60	0,7 +/- 0,3



Figura 16 - Visão geral do experimento de produção de batata na casa de vegetação. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2018)

No dia 18 de setembro de 2019 foram feitas as avaliações da batata. Foi separada a parte aérea em sacos de papelão separados por parcela (Figura 17 A) e colocadas em estufa a 60 °C por 72 horas para posterior pesagem da massa seca. A massa fresca não foi pesada pois grande parte das plantas já estavam com as folhas e hastes secas. Então com o auxílio de duas peneiras grandes foi separado o substrato do tubérculo (Figura 17 B), sendo feito o procedimento por planta. Em seguida, foram contadas quantas unidades de batata haviam em cada planta e pesada a massa total fresca de tubérculos.



Figura 17 - Retirada da parte aérea da planta (A) e separação do substrato e tubérculo (B) para as avaliações finais da cultura da batata. (Foto: Anita Ribas Avancini Embrapa Clima Temperado, 2019)

Após 3 dias, as batatas foram classificadas por parcela através de um jogo de peneiras como ilustra a Figura 18. As batatas foram separadas sendo classificadas de acordo com o diâmetro transversal do tubérculo em classe I, II, III, IV e V. As batatas somente classificadas como V foram descartadas por serem muito pequenas, não sendo útil. A classificação seguiu as Normas Gerais para Certificação de Batata-Semente (BRASIL, 2003), as quais podem ser observadas na Tabela 8. Foram contadas quantas batatas de cada parcela havia por classificação e seu respectivo peso em gramas em balança analítica. Para a avaliação da massa seca, foram utilizados tubérculos sem danos e com casca sendo pesados 250 g, com pedaços de todo tubérculo, de cada parcela, sendo estes picados, colocados em bandejas de papel identificadas e então levados a estufa a 80 °C por 72 horas até atingir peso constante (CIP, 2010). Após, a massa seca foi pesada para o cálculo de porcentagem de massa seca através da equação (1). Para o cálculo da estimativa da produtividade foi utilizado o valor de 50.000 plantas de batata por hectare (PEREIRA *et al.*, 2007) e para a parcela foi utilizado o valor fixo três (3), pois uma parcela era representada por 3 plantas, sendo aplicada a equação (2)

$$\%MS = [(MS-Tara) / MF] * 100 \text{ sendo:} \quad (1)$$

MF = massa seca

MS = massa fresca

$$\text{Prod.} = [(\text{PT} * 50000)] / p \text{ sendo:} \quad (2)$$

Prod = Produtividade

PT = Peso dos tubérculos por parcela

p = parcela



Figura 18 - Tubérculos das batatas passando pelo jogo de peneiras para serem classificados. (Foto: Ester Schiavon Matoso. Embrapa Clima Temperado, 2019)

Tabela 8 - Classificação dos tubérculos da batata conforme o diâmetro..

Classes	Menor diâmetro (mm)	Maior Diâmetro (mm)
I	50	60
II	40	50
III	30	40
IV	23	30
V	-	33

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2003).

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de pressupostos (normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos foi verificada graficamente). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e em caso de significância estatística, compararam-se os efeitos dos compostos líquidos pelo teste de Waller-Duncan ($p \leq 0,05$) com o auxílio do software SAS, versão 8.2 e as doses utilizadas foram analisadas utilizando-se o software SigmaPlot 10.0, pelos modelos de

regressão: $y = y_0 + ax$; $y = y_0 + ax + bx^2$, onde y = variável resposta; y_0 = variável resposta correspondente ao ponto mínimo ou máximo da curva; a = valor máximo estimado para a variável resposta; b = declividade da curva; x = doses de composto líquido. A seleção do modelo foi baseada no baixo resíduo; baixo p-valor; e alto r^2 e r^2 adj, com ajuste de curvas pelos valores de média dos tratamentos, devido ao alto coeficiente de variação (CV) apresentado.

5.3 Resultados e discussão

As variáveis que apresentaram diferença estatística comparando as doses foram: senescência/ ciclo da cultura (% folhas amarelas), conteúdo de clorofila, massa fresca de tubérculos, massa seca de tubérculos, produtividade total de tubérculos e produtividade comercial de tubérculos.

Os 3 compostos tornaram a produção mais precoce, ou seja, responderam positivamente e aceleraram o ciclo da cultura. O gráfico de porcentagem de folhas amarelas (Figura 19) apresenta comportamento linear positivo. Para as doses do CL1, CL2 e CL3 foi observado que as plantas que tiveram seus tubérculos imesos na D3 tiveram seu ciclo até 5x mais curtos que a D0.

O número de folhas amarelas representa a senescência da planta da batata. Quanto mais amarelas estão as folhas significa que a planta está mais avançada no seu ciclo de desenvolvimento. Desta maneira, percebe-se que, para todos os compostos líquidos, quanto maior a dose, mais acelerado está ocorrendo o processo de senescência da folha, ou seja, acredita-se que os compostos líquidos aceleraram o desenvolvimento das plantas em que foram aplicados, levando-as ao amadurecimento mais precocemente, quando comparadas com a testemunha sem o uso de compostos. O ciclo da batata encurtou à medida que a dose aumentou e o ciclo mais curto ocorreu na D3.

À medida que ocorre a senescência, as folhas da batata vão perdendo a coloração verde e, conseqüentemente, perdendo o conteúdo de clorofila. Assim, quanto mais avançada a planta da batata está se desenvolvendo em relação ao seu ciclo, menor vai deve ser o conteúdo de clorofila dela.

O conteúdo de clorofila obtido das plantas da batata, exemplificado pela Figura 20 é capaz de confirmar os resultados apresentados de senescência da planta para o

CL1 e para o CL2, pois houve um decréscimo no teor de clorofila nas plantas submetidas a D3 em relação a D0 (14,17 e 11,22%). Porém, o CL3, apesar de estar expresso em uma função quadrática negativa, não diminuiu o conteúdo de clorofila da D0 para a D3, entretanto, houve uma baixa de 5,5% da D1 para D3 e de 5,88% da D2 para D3, indicando que as folhas estavam perdendo coloração a medida que a dose do composto líquido aumentou.

Coelho *et al.* (2010) ressaltam que a coloração verde das plantas está ligada com o teor de clorofila foliar contido nela sendo este, altamente associado com o teor de nitrogênio na maioria das plantas. Para a cultura da batata, os autores Vos e Bom (1993) atestaram a alta correlação do conteúdo de clorofila com a concentração de N nas folhas. A clorofila desempenha um papel importante na fotossíntese uma vez que é necessário que os pigmentos fotossintéticos estejam contidos nas plantas, para que haja desenvolvimento satisfatório, pois eles são responsáveis pela captura da energia solar usada na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009). SILVA *et al.* (2009) o processo de degradação da clorofila é uma característica da senescência foliar.

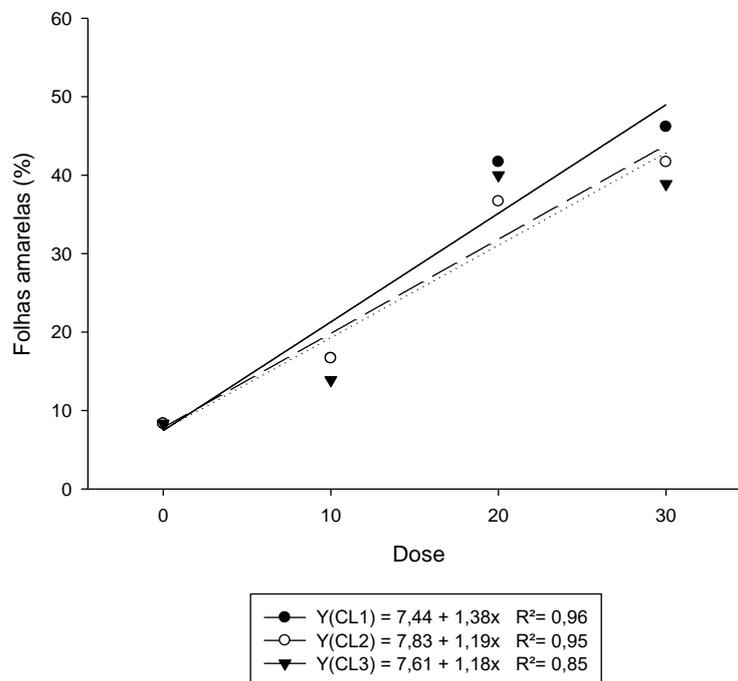


Figura 19 - Senescência de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

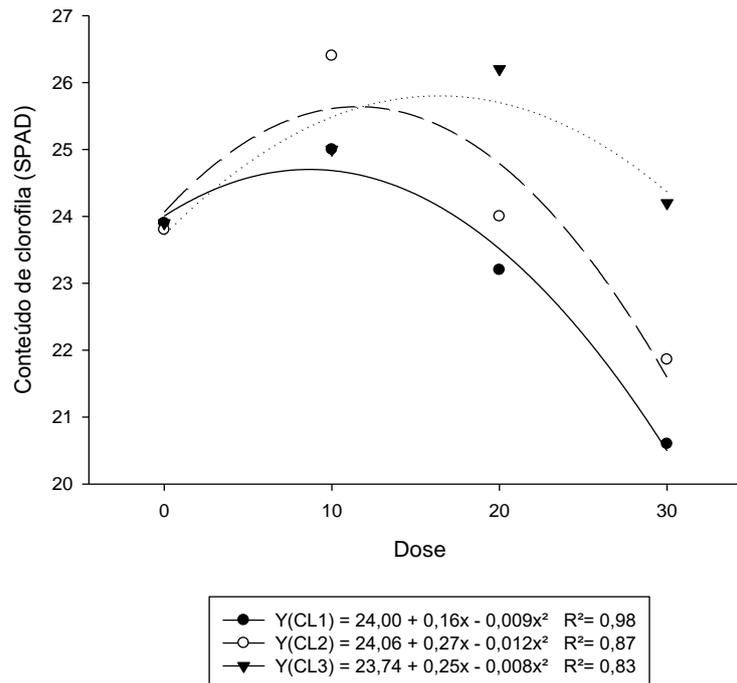


Figura 20 - Conteúdo de clorofila (SPAD) de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

A Figura 21 ilustra a massa fresca dos tubérculos. Exceto pelo CL2, os outros compostos líquidos são os mais eficientes para de obter maiores valores de massa fresca. Todos compostos líquidos apresentaram curvas quadráticas positivas, porém, o CL1 e o CL3 apresentaram crescimento da D3 em relação a D0 sendo esse acréscimo de massa fresca de tubérculo em um teor de 15,45 e de 26,81%, na ordem mencionada. Ao realizar a comparação entre as doses do CL2 observou-se que as plantas as quais a batata semente foi submetida a D1, D2 e D3 desse composto, obtiveram decréscimos nos teores massa fresca de tubérculos, respectivamente de 48,4, 56,52 e 24,38%, quando comparados ao controle (0 meses). Todavia, como a tendência da linha é crescente notou-se um aumento na taxa de massa fresca de tubérculos da D2 para D3 de 73,93%.

A proporção de massa seca dos tubérculos de batata (Figura 22) apresentou o mesmo comportamento da massa fresca mencionada anteriormente. Ou seja, a D3 foi a melhor concentração para o CL1 e CL3. Para o CL1 e CL3 a taxa de acréscimo da massa seca de tubérculos das plantas de batata as quais as sementes foram submetidas a D3 desses compostos foram de 25,72 e 51,29%, respectivamente em

relação a D0. Já para o CL2 a taxa de decréscimo da D3 em comparação com a D0 é de 13,47% e a taxa de acréscimo da D3 em comparação com a D2 é de 77,99%.

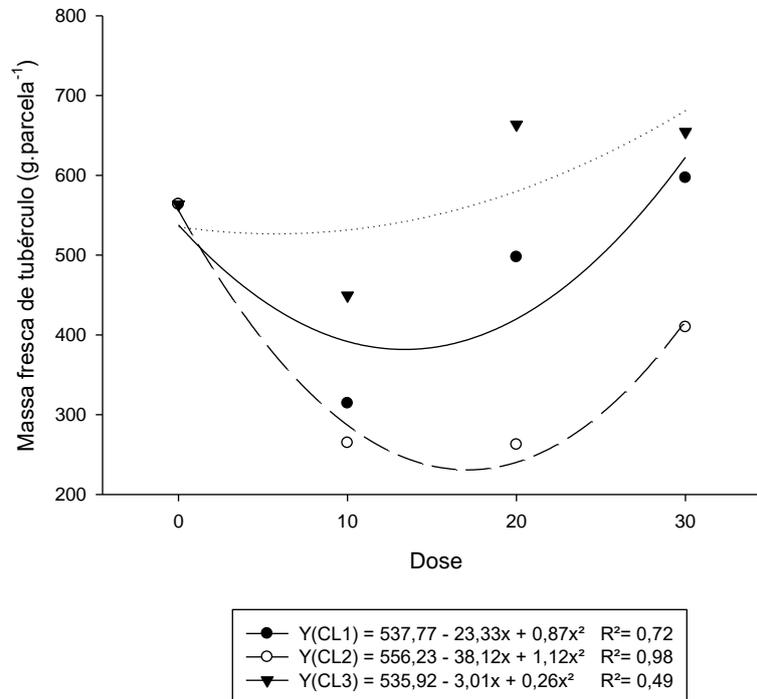


Figura 21 - Massa fresca de tubérculo de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

É característica da cultivar Ágata que haja baixo teor de massa seca nos tubérculos possuindo maior teor de açúcares levando a cultivar a ser propícia para o mercado fresco, como por exemplo, pratos assados em que é essencial a manutenção de sua forma (FERNANDES *et al.*, 2010).

Aproximadamente 90% da matéria seca acumulada nos tubérculos durante o seu desenvolvimento é resultado da atividade fotossintética e os outros 10% da absorção dos nutrientes (FERNANDES *et al.*, 2010). A quantidade de nitrogênio, que é um dos nutrientes mais importantes que causa maior impacto na produtividade da cultura da batata, por estimular o crescimento vegetativo da planta (YIN *et al.*, 2003), existente na composição do biofertilizante é determinante para o teor de massa seca dos tubérculos. Este fato, confirma os resultados encontrados nessa pesquisa, uma vez que o CL3 foi o que atingiu maiores valores de massa seca sendo este o composto o que possui maiores quantidades de nitrogênio vista em sua caracterização. Também, pode ser confirmada comparando o resultado de teor de massa seca dos

tubérculos com o conteúdo de clorofila visto que as plantas submetidas ao CL3 apresentaram maiores quantidades de conteúdo de clorofila.

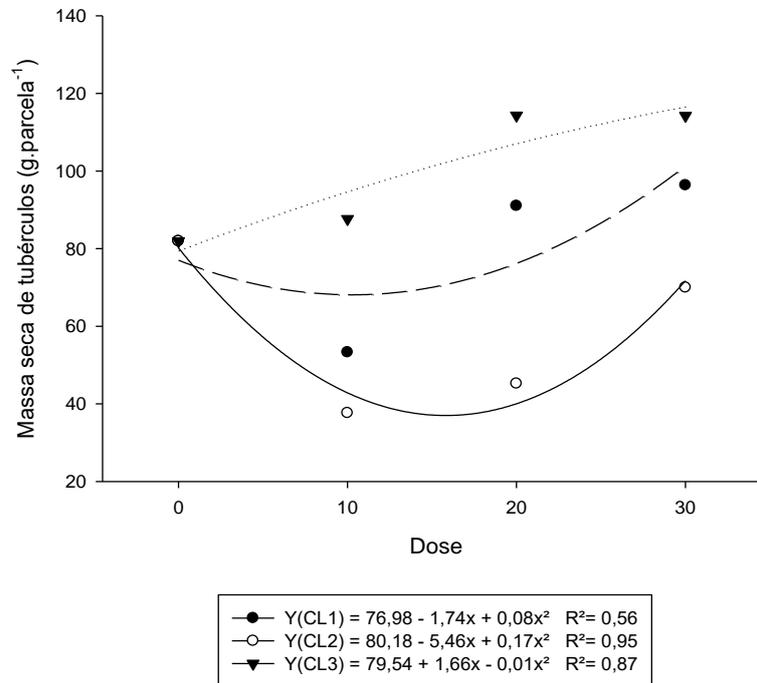


Figura 22 - Massa seca de tubérculo de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

A estimativa da produtividade total se refere as batatas-semente de todas as classificações. A Figura 23 demonstra a produtividade das batatas em função das doses dos compostos líquidos. Para todos os compostos líquidos recomenda-se a utilização da D3 para se obter maiores taxas de produtividade total de batata sendo observados acréscimos de 42,91, 3,21 e 60,17% para o CL1, CL2 e CL3, respectivamente em relação a D0.

O CL3 foi o único composto que apresentou comportamento positivo linear sendo também o que apresentou os maiores valores de produtividade total. Este fato pode ser explicado pois o nitrogênio, nutriente mais importante para determinação da produtividade da batata, encontra-se em maior quantidade na composição deste composto, como foi apresentado no capítulo I deste trabalho. As plantas que não recebem quantidade suficientes de nitrogênio não são capazes de expressar o seu potencial produtivo uma vez que o nitrogênio faz parte dos principais componentes do

sistema fotossintético como as clorofilas e as enzimas, e a sua falta pode reduzir a taxa assimilatória líquida de CO₂ (COELHO *et al.*, 2010).

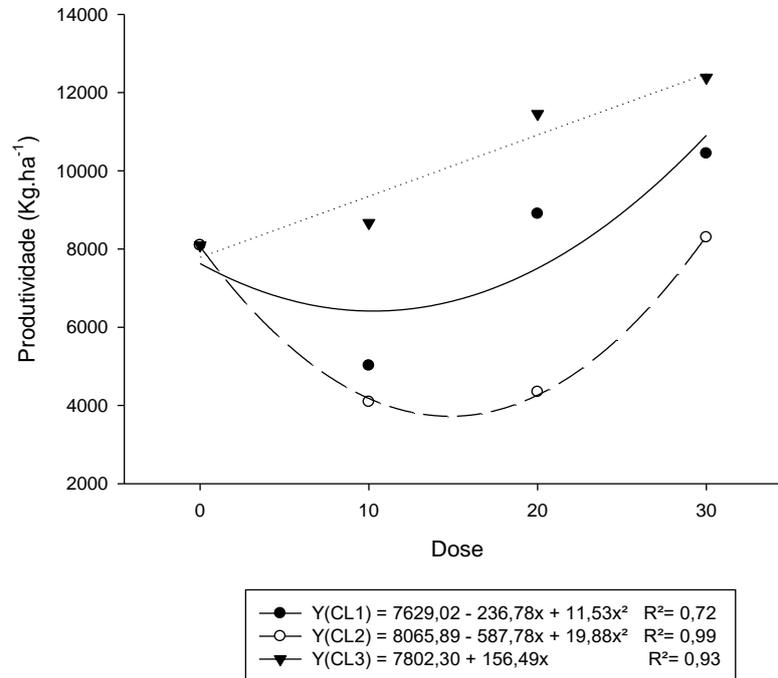


Figura 23 - Estimativa da produtividade total de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

A produtividade de tubérculos comerciais é, possivelmente, a variável mais importante para produção de batatas-semente. Os tubérculos considerados comerciais são os que possuem classificação I e II pelo tamanho e são os mais utilizados comercialmente.

A Figura 24 ilustra o comportamento das doses dos compostos líquidos de compostagem em função da produtividade dos tubérculos comerciais. Mesmo tendo tendência crescente, a utilização do CL2 não é eficiente para produção de tubérculos comerciais em nenhuma dose, visto que a testemunha performou melhor que as doses estudadas havendo um decréscimo de 4,35% da D3 em relação a D0. Para a utilização do CL1 e do CL2 recomenda-se a utilização da D3 uma vez que houve um acréscimo na taxa de produtividade de tubérculos comerciais de 40 e 58,8%, respectivamente.

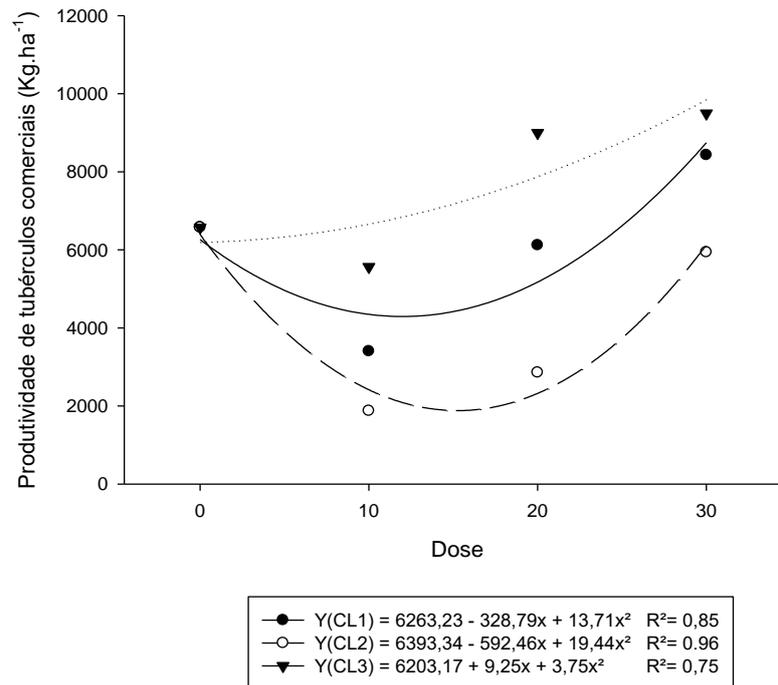


Figura 24 - Produtividade de tubérculos comerciais de planta de batata cv Ágata em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

Gulluoglu e Arioglu (2009) conduziram experimentos na região do mediterrâneo, durante o período de dois anos. Os autores apontaram que, as plantas originadas de batatas-semente com maiores diâmetros apresentam crescimento mais abundante, possivelmente devido à emergência mais acelerada e ao maior número de hastes principais, levando a uma maior produção de carboidratos os quais serão responsáveis pelo abastecimento dos tubérculos e aumento da produção deles. As maiores batatas-sementes possuem maiores raízes propiciando maior crescimento inicial das plantas (KAWAKAMI; IWAMA, 2009). Kawakami *et al.* (2006) observaram maior redução do crescimento inicial de plantas oriundas de batatas-semente menores em relação àquelas maiores, quando expostas a estresse hídrico. Em adicional, a utilização de tubérculos pode propiciar melhores desempenhos quando submetidas a condições não favoráveis ao plantio, como por exemplo, presença de algum estresse abiótico ou biótico.

Queiroz *et al.* (2013) ressaltam que no Brasil, a batata-semente é comercializada através da sua massa e não no número de tubérculos. Dessa forma, é essencial que o produtor tenha conhecimento da melhor escolha de tamanho de

tubérculos, afinal a decisão do produtor de adquirir e plantar batatas-semente maiores ou menores possui interferência nos custos da produção da cultura. Os autores ainda afirmam que é importante salientar que ainda há poucas informações técnicas sobre a relação do efeito do tamanho da batata-semente na produtividade e a quantidade de fertilizantes na produtividade a campo tornando mais difícil a comparação e a determinação dos efeitos de diferentes doses no crescimento.

As variáveis massa fresca e massa seca de tubérculos (Tabela 9) e produtividade total de tubérculos e produtividade comercial de tubérculos (Tabela 10) apresentaram interação entre os fatores de tratamento testados comparando os efeitos entre os compostos líquidos.

Para massa fresca dos tubérculos o composto líquido 3 foi o melhor dentre os testados. O CL3 na D3 obteve o maior valor de massa fresca dos tubérculos dentre todos os testados (717,3), porém, este valor não diferenciou das demais doses. Nas D1 e D2 o composto líquido referente a leira 3 de compostagem foi, significativamente, o que obteve melhor desempenho.

Para a D1, a massa fresca dos tubérculos alcançou 520,09 g, enquanto a massa seca 87,65 g. Já para D2, a massa do CL3 foi ainda maior atingindo 687,35 g de massa fresca e 113,42 g de massa seca. A partir da massa fresca foi estimada a produtividade de batatas-semente no campo por hectare.

Tabela 9 - Massa fresca e massa seca de tubérculos de batata semente cv. Ágata em função dos compostos líquidos utilizados em três doses (concentrações) diferentes. Embrapa Clima Temperado, 2019.

Massa fresca de tubérculos (g.parcela ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	563,5	301,21 b	534,35 b	626,5 ^{ns}	487,35
CL2	563,5	245,55 b	260,82 b	497,9	334,76
CL3	563,5	520,09 a	687,35 a	717,3	641,58
Média	563,5	355,62	521,69	597,33	
CV (%)		17,07	14,04	23,03	
Massa seca de tubérculos (g.parcela ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	52,25	53,28 b	91,00 b	96,31 ^{ns}	80,20
CL2	52,25	37,64 b	45,23 b	84,69	55,85
CL3	52,25	87,65 a	113,41 a	114,46	105,17
Média	52,25	59,52	87,52	96,46	
CV (%)		18,74	12,99	21,88	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Waller-Duncan ($p \leq 0,05$), comparando os compostos líquidos em função de cada uma das doses utilizadas.

Os tubérculos considerados comerciais são os de classificação I e II uma vez que quanto maior o tubérculo, maior a sua área disponível para o desenvolvimento de estolões e, conseqüentemente, maior produção de batatas. A produtividade total obteve diferenças para D1 e D2. O CL3 obteve a maior produtividade total de tubérculos chegando a 11,45 Kg.ha⁻¹ na D2 e 8,66 Kg.ha⁻¹ na D1. Fernandes *et al.* (2010) comparou a produtividade de diferentes variedades de batata aplicando a dose recomendada de adubação durante o desenvolvimento da planta. O autor encontrou uma produtividade de 37.268 kg ha⁻¹ para a cultivar Ágata, valor muito acima do encontrado neste trabalho, porém, foi realizado em solo objetivando produzir batatas comerciais, enquanto esse foi em vaso para batatas-semente.

Para produtividade de tubérculos comerciais houve diferença estatística para todas as doses testadas sendo que os compostos líquidos 1 e 3 se destacaram com maiores quantidades de tubérculos dessa classificação nas 3 doses. O maior valor da D1 foi de 5,56 tubérculos, da D2 de 8,99 tubérculos e da D3 de 8,74, todos do composto líquido 3.

Tabela 10 - Produtividade total e produtividade de tubérculos comerciais (Kg.ha⁻¹) de batata semente cv. Ágata em função dos compostos líquidos utilizados em três doses (concentrações) diferentes. Embrapa Clima Temperado, 2019.

Produtividade total (Kg.ha ⁻¹)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	8,23	5.020 b	8.901 b	10.441 ns	8.120
CL2	8,23	4.093 b	4.347 b	8.299	5.579
CL3	8,23	8.668 a	11.456 a	11.955	10.693
Média	8,23	5.926	8.694	9.955	
CV (%)		17,07	14,04	23,03	
Produtividade de tubérculos comerciais (Classificações I e II)					
Composto Líquido	Dose				Média
	D0	D1	D2	D3	
CL1	6.25	3.402 a	6.118 a	8.427 a	5.982
CL2	6.25	1.876 b	2.859 b	5.940 b	3.558
CL3	6.25	5.564 a	8.999 a	8.743 a	7.768
Média	6.25	3.614	6.421	7.451	
CV (%)		37,23	23,15	25,26	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Waller-Duncan ($p \leq 0,05$), comparando os compostos líquidos em função de cada uma das doses utilizadas.

É importante ressaltar que erros experimentais podem ter ocorrido neste experimento, dentre eles que, as batatas-sementes foram desbastadas antes de

serem plantadas. Ou seja, pode ter havido uma desuniformização na brotação e, conseqüentemente nas respostas das variáveis analisadas.

5.4 Conclusões

A utilização dos compostos líquidos provenientes de compostagem, encurtam o ciclo da batata conforme aumenta a dose.

O composto líquido 3 é o mais indicado para se obter maiores produtividades de tubérculos comerciais de batata-semente da cultivar Ágata, sob as condições testadas, sendo a dose de 30% a mais eficiente.

Além disso, a ação dos microorganismos dos compostos líquidos na planta da batata pode ter levado aos resultados descritos

6 CAPÍTULO IV - Utilização de compostos líquidos provenientes de compostagem na cultura do feijão

6.1 Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) é um alimento culturalmente típico do Brasil, sendo o consumo dessa leguminosa amplamente difundido em todo o território nacional, estando na mesa dos brasileiros em pelo menos uma das suas refeições diárias, visto que é uma excelente fonte de ferro, fibras e minerais e aparece como uma importante proteína. Por isso, o feijão é cultivado tanto por grandes como por pequenos produtores, sendo para comercialização ou até mesmo para autoconsumo (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Apesar de produtores que possuem avançados níveis de tecnologia estarem se interessando pelo cultivo do feijão, a cultura é reconhecida como de subsistência em propriedades familiares (YOKOYAMA, 2002).

Diversos tipos de grãos de feijão comum são produzidos e consumidos no Brasil, sendo 20% do total produzido representado pelo tipo preto, o que corresponde a cerca de 430.000 toneladas anuais. Esse volume não é suficiente para atender a demanda de consumo interno, sendo necessária a importação anual de cerca de 100 mil toneladas (PEREIRA *et al.*, 2013). A região sul do país é a principal consumidora deste tipo de feijão e há indicativos de que esses grãos apresentam maior teor médio de proteína bruta do que grãos de feijão carioca, que ainda é o tipo preferido pelos brasileiros (RAMOS JÚNIOR *et al.*, 2002).

A cultivar BRS Esteio apresenta ciclo normal (de 85 a 90 dias, da emergência à maturação fisiológica), resistência ao acamamento (adaptada à colheita mecânica direta) e alto potencial produtivo. É uma cultivar bastante cultivada no país e indicada para a semeadura nos estados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Tocantins, Maranhão, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro nas épocas de águas, seca e inverno; nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul nas fases de águas e seca; e nos estados de Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará e Paraíba apenas na fase de águas (PEREIRA *et al.*, 2013).

O feijoeiro apresenta um sistema radicular pequeno e pouco profundo, o que o torna uma cultura exigente em nutrientes. Por isso, é fundamental que o nutriente seja

colocado à disposição da planta em tempo e local adequados, sendo de grande importância ter um bom manejo de adubação. As quantidades médias de nutrientes adequadas para feijoeiro se encontram na faixa de 52 - 24 g kg⁻¹ para o nitrogênio, 4,0 – 6,0 g kg⁻¹ para o fósforo e 15 - 35 g kg⁻¹ para o potássio (Malavolta, 2006).

Uma alternativa que tem sido pesquisada para o cultivo do feijoeiro, é o uso de biofertilizantes, que são o produto final da fermentação da matéria orgânica e atua, nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal, possui alta atividade microbiana e bioativa, sendo capaz de proporcionar maior proteção e resistência à planta contra agentes externos, além de atuar na ciclagem de nutrientes no solo (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade de plantas da cultura do feijão tipo preto quando submetido a 6 doses de 3 compostos líquidos provenientes de compostagem de resíduos agrícolas.

6.2 Materiais e métodos

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2019 a janeiro de 2020, sob ambiente protegido, na Embrapa Clima Temperado (52°26'25"O, e 31°40'41"S e altitude de 60m) localizada no município de Pelotas/RS. Segundo classificação de Koppen (1931), o clima da região é subtropical mesotérmico-úmido (Cfb), sem estação seca e invernos moderados.

A estufa onde foram cultivados os feijões é da marca Van der Hoeven, produzida em policarbonato alveolar, modelo duas águas, cujas dimensões são de 12,8m de largura e 12m de comprimento, além de antecâmara de acesso localizada na área frontal da casa, que totalizam 165,6m². O manejo da temperatura foi feito através de sistema de resfriamento, ventiladores e foi mantida a 23 °C durante todo o experimento. A irrigação dos vasos foi feita manualmente, com o auxílio de regadores de plástico, de acordo com a necessidade da planta.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com esquema fatorial 3 x 6 (composto líquido x dose) com 4 repetições, sendo cada parcela composta por 3 plantas, totalizando 18 tratamentos e 216 plantas. Em cada vaso foram plantadas 4 sementes de feijão preto. O recipiente utilizado foi vasos pretos plásticos duros com capacidade de 2,8 litros com furos nas extremidades. Foi utilizado substrato comercial

Turfa Fértil®, sem adubação sendo a caracterização do substrato disposta na Tabela 11. A Cultivar de feijão utilizada foi do grupo preto BRS Esteio.

Tabela 11 - Características, descritas na embalagem, do substrato comercial Turfa Fértil®. Embrapa Clima Temperado, 2018.

Condutividade elétrica (mS/cm)	Densidade em base seca (kg/m ³)	Potencial de Hidrogenio (pH)	Umidade máxima (%)	Capacidade de retenção de água - CRA (%)	Densidade em base seca (kg/m ³)
0,7 +/- 0,3	260	5,8 +/- 0,5	55	60	0,7 +/- 0,3

Os compostos líquidos utilizados para este experimento foram os provenientes dos processos de compostagem como consta no capítulo I deste trabalho. No dia anterior ao plantio, foram preparadas as doses dos compostos líquidos em recipientes devidamente identificados (Figura 25) sendo as sementes de feijão imersas no composto líquido respectivo a seu tratamento por 15 horas. As doses dos compostos líquidos utilizadas foram na proporção de 0, 5, 10, 15, 20 e 30% de concentração de composto, sendo as doses preparadas utilizando apenas água não tratada. A dose 0 (testemunha) consistiu no uso de água não tratada.



Figura 25 - Doses 5, 10, 15, 20 e 30% dos 3 compostos líquidos provenientes de compostagem e a testemunha. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)

No dia 16 de outubro de 2019 os vasos foram identificados, preenchidos com o substrato, casualizados por bloco e então foi realizado o plantio do feijão. A partir de então, foram realizadas avaliações diárias a fim de acompanhar as fases de crescimento e desenvolvimento do feijão, para cada tratamento, como consta a publicação de Oliveira *et al.* (2018). Os autores afirmam que a escala de crescimento

das plantas de feijão é dividida entre as fases vegetativa e reprodutiva sendo essas fases subdivididas em dez estádios.

A fase vegetativa (V) é constituída dos estádios V0, V1, V2, V3 e V4, e a reprodutiva (R) dos estádios R5, R6, R7, R8 e R9. Na fase vegetativa a V0 inicia no dia da sementeira quando a semente incha e começa a germinar, a V1 é a etapa em que 50% dos cotilédones já são visíveis e começam a se separar, a V2 é quando ocorre a abertura e o crescimento das folhas primárias, a V3 ocorre quando surge a primeira folha composta, formada por três menores (trifoliolada) e a V4 ocorre ao abrir a terceira folha trifoliada. Na fase reprodutiva, a R5 ocorre quando o desenvolvimento dos primeiros ramos secundários e o surgimento dos primeiros botões florais, a R6 ocorre quando a planta apresenta 50% de flores abertas, na R7 as flores, já fecundadas, murcham as pétalas e ocorre a formação das primeiras vagens (canivetes), a R8 é a fase que começa com o enchimento dos grãos e o consequente aumento do volume das vagens e na R9 as vagens perdem a cor e começam a secar. Aos 14 dias do plantio, realizou-se a padronização do experimento, mantendo apenas 2 plantas por vaso. A visão geral do experimento pode ser observada na Figura 26.



Figura 26 - Visão geral do experimento da cultura do feijão. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)

No dia 8 de janeiro de 2020 foram realizadas as avaliações finais do feijão. Com o auxílio de um paquímetro digital expresso em centímetros o diâmetro do colo foi medido e com o auxílio de uma régua foi medida a altura da planta (Figura 27). As vagens foram retiradas da planta e separadas em sacos de papel por vaso. Em seguida, foram contadas quantas vagens havia por vaso e então foi avaliado o peso

das vagens. Então, essas vagens foram abertas e foram contabilizados quantos grãos de feijão havia por vaso e os seus respectivos pesos (Figura 28). Também, foram pesados 100 grãos para se verificar o peso a cada 100 grãos.



Figura 27 - Avaliações de diâmetro de colo e altura de planta do feijoeiro. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)



Figura 28 - Avaliações de número e peso de grãos da planta do feijão. (Foto: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de pressupostos (normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos foi verificada graficamente). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e em caso de significância

estatística, compararam-se os efeitos dos compostos líquidos pelo teste de Waller-Duncan ($p \leq 0,05$) com o auxílio do software SAS, versão 8.2 e as doses utilizadas foram analisadas utilizando-se o software SigmaPlot 10.0, pelos modelos de regressão: $y = y_0 + ax$; $y = y_0 + ax + bx^2$, onde y = variável resposta; y_0 = variável resposta correspondente ao ponto mínimo ou máximo da curva; a = valor máximo estimado para a variável resposta; b = declividade da curva; x = doses de composto líquido. A seleção do modelo foi baseada no baixo resíduo; baixo p-valor; e alto r^2 e r^2_{adj} , com ajuste de curvas pelos valores de média dos tratamentos.

6.3 Resultados e discussão

Para as doses, houve significância para as variáveis número de grãos, peso de vagem, e peso de grãos.

Os números de dias que cada tratamento levou para alcançar as fases vegetativas e reprodutivas não apresentaram significância estatística. O número de dias que todos os tratamentos levaram para alcançar o estágio V0 foi 2 dias, para o V1- 5 dias, para o V2- 8 dias, para o V3- 13 dias e para o V4 entre 23 e 24 dias, para a fase vegetativa. Já para fase reprodutiva, levaram entre 29 e 31 dias para alcançar o estágio R5, entre 36 e 38 dias para o R6, entre 39 e 42 para o R7, entre 44 e 45 para o R8 e entre 80 e 82 para atingir o R9. A Figura 29 ilustra as plantas de feijão deste experimento em cada estágio, das fases vegetativas e reprodutivas.



Figura 29 - Estágios das fases vegetativas (V) e reprodutivas (R) das plantas de feijão deste experimento. (Fotos: Anita Ribas Avancini. Embrapa Clima Temperado, 2019)

A Figura 30 ilustra o comportamento linear positivo que a variável número de grãos de feijão apresentou para todos os compostos líquidos. Ou seja, quanto mais concentrada a dose de composto líquido, maior foi o número de grãos resultante.

Ao realizar a comparação entre as doses observou-se que as plantas as quais as sementes de feijão foram submetidas a dose de 30% obtiveram acréscimos no número de grãos em 61,29%, 76,23% e 32,76% para o CL1, CL2 e CL3, respectivamente, quando comparados a testemunha (dose zero). Dessa forma, é possível perceber que quanto mais concentrada foi a dose do composto líquido, maior foi a quantidade de grãos de feijão resultante do processo. Assim, considera-se a dose 30% a mais relevante para esta variável.

O CL1 obteve melhor resultado quando utilizada a dose de 30%, com um acréscimo de 79,38% no peso de grãos em comparação com a dose 0 (Figura 31), sendo que, a tendência desse composto é que quanto maior a dose, maior o peso de grãos. Já o CL2 e o CL3 obtiveram seu maior rendimento na dose de 20% com um aumento de 45,60 e 40,06% a partir da testemunha, respectivamente.

A disponibilidade de nutrientes para a cultura do feijão interfere na formação do embrião e dos órgãos de reserva. Vieira *et al.* (2006) ressaltam que a insuficiência de nutrientes na cultura do feijão pode comprometer o desenvolvimento das plantas. Portanto, o fornecimento de nutrientes pelos compostos líquidos aumentou a taxa de produtividade do feijão (número e peso de grãos) umas das variáveis mais importantes

para essa cultura. Cavalcante *et al.* (2009) salientam que a adubação orgânica auxilia a cultura do feijão, sendo notado aumentos na sua produtividade ao utilizar esterco de animais, compostos orgânicos e biofertilizantes. Em seu trabalho, Galbiatti *et al.* (2011) observaram aumento na produtividade do feijão nos tratamentos que receberam o efluente de biodigestor à base de esterco bovino.

O nitrogênio é o nutriente mais importante para o feijoeiro uma vez que é o elemento demandado em maior quantidade pela cultura (BORDIN *et al.*, 2003). A média brasileira de produtividade da cultura do feijão é baixa. A baixa fertilidade dos solos é um dos principais fatores desse baixo rendimento, principalmente no que diz respeito ao nitrogênio uma vez que é o macronutriente mais absorvido pela cultura do feijão (SILVA *et al.*, 2000). Bordini *et al.* (2003) afirmam que a capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico pela ação das bactérias fixadoras de N_2 , presentes em nódulos formados no sistema radicular varia de acordo com alguns fatores, como a cultivar.

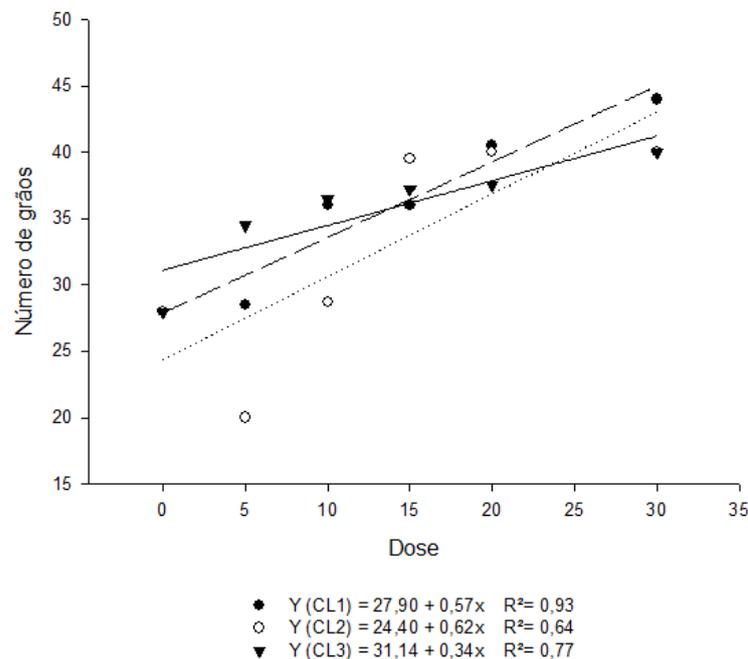


Figura 30 - Número de grãos das plantas do feijão em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

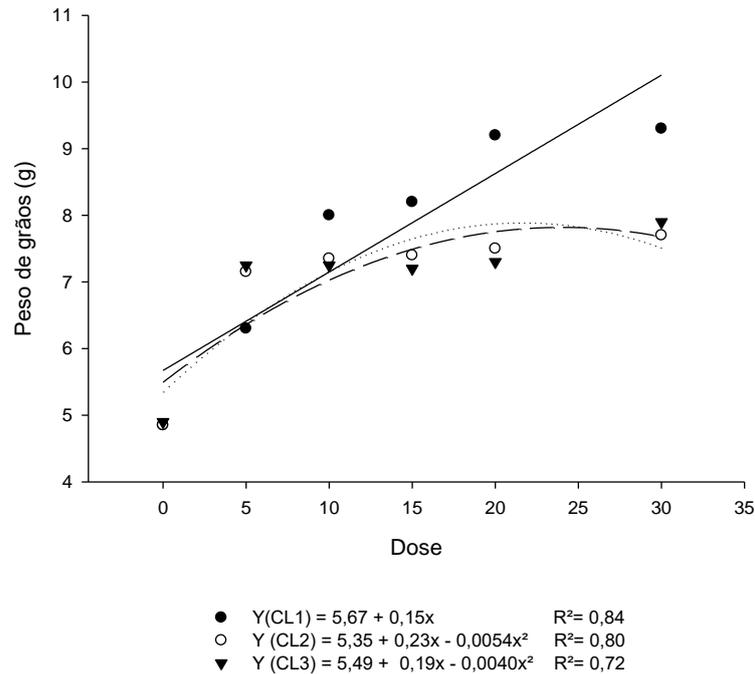


Figura 31 - Peso de grãos por vaso das plantas do feijão em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

O peso das vagens encontra-se disposto na figura 32. O peso das vagens para os três compostos líquidos foi acrescido à medida que a dose aumentou, ou seja, o maior peso é obtido na dose 30%.

O CL1 e o CL3 apresentaram comportamento linear positivo, assim como para número e peso de grãos. O teor de acréscimo do peso de vagens, a partir da testemunha, dos tratamentos submetidos a dose 30% foi de 58,8% para o CL1 e 64,39% para o CL3. O CL2 também desempenhou melhores resultados com o uso da dose 30%, tendo aumentado uma taxa de 99,12% em relação a dose 0. Todavia, o composto apresenta comportamento quadrático negativo, inferindo que, seguindo a tendência, a taxa de peso de vagem iria começar a diminuir.

As doses de matéria orgânica como adubação na cultura do feijão influenciaram a produtividade e vagens sendo que a utilização de $181 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de matéria orgânica obteve um valor de 170 vagens por m^2 , proporcionando um aumento de 17% em relação a testemunha.

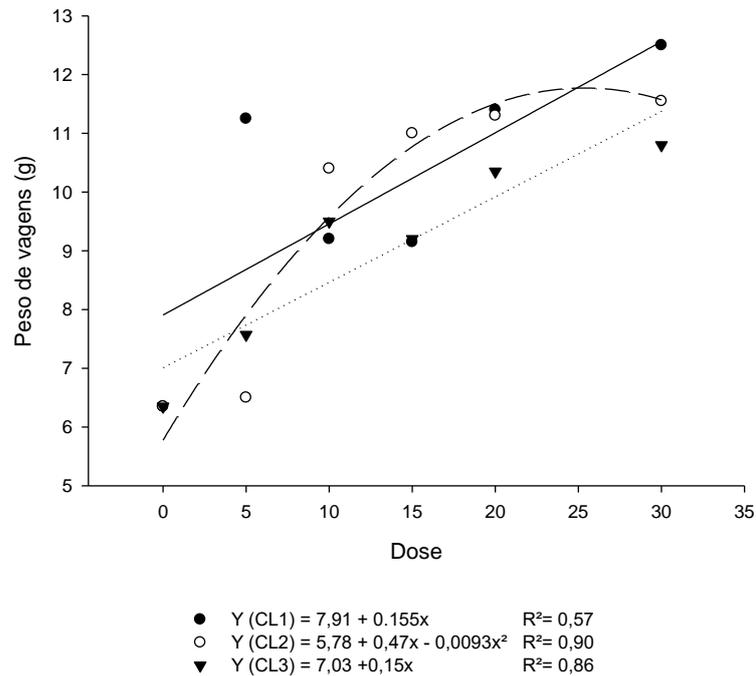


Figura 32 - Peso de vagem por planta do feijão em função de diferentes doses de aplicação de três compostos líquidos. Doses: 0 - 100% água (testemunha); 10 - 90% de água + 10% de CL; 20 - 80% de água + 20% de CL e 30 - 70% de água + 30% de CL. Compostos líquidos: CL1 - resíduos de cana + serragem + torta de tungue; CL 2 - resíduos de cana + cama de aviário; CL 3 - resíduos de cana + esterco bovino.

Não houve significância estatística quando, comparado os efeitos dos compostos líquidos, para nenhuma variável quando os dados foram submetidos a análise de variância.

A média da altura da planta variou entre 24 e 30 cm e o diâmetro de colo variou entre 3,9 e 5,6 mm.

Também não ocorreu diferença estatística em relação a dose para peso de 100 sementes tendo médias na faixa de 17,91 a 26,25 g. O mesmo ocorreu com Rocha *et al.* (2010) os quais avaliaram o efeito de doses de matéria orgânica na cultura do feijão e observaram que não houve efeito de dose para número de grãos por vagem e massa de 100 grãos.

6.4 Conclusões

Todas as doses e compostos líquidos testados para a variedade de feijão BRS Esteio são efetivos para aumentar número e peso de grãos.

Os microorganismos presentes nos compostos líquidos pode ter contribuído para a ação benéfica da utilização desses compostos no cultivo do feijão.

7 considerações finais

Os resíduos orgânicos provenientes de atividades agroindustriais e agropecuárias são compostáveis sendo a composição química dos compostos líquidos gerados por esse processo rica em boro, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, sódio, zinco, fósforo, nitrogênio e carbono orgânico. E a composição microbiológica está dentro das normas estabelecidas pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil.

A mudas de cana-de-açúcar produzidas com os compostos líquidos responde diferentemente de acordo com a variável estudada, com a dose e com a variedade de cana utilizada.

O composto líquido gerado no processo de compostagem a base dos resíduos torta de tungue, serragem, palha e bagaço e de cana-de-açúcar quando utilizado na dose de 30% aumenta a produtividade de batata semente.

Todos os compostos líquidos em todas as doses testadas são efetivos para se aumentar o número e peso de grãos de feijão.

A interação planta x microorganismo, além da composição química, pode explicar os benefícios dos compostos líquidos para as culturas testadas.

É importante salientar que se faz necessário que mais estudos, com diferentes matérias-primas e diferentes condições, sejam conduzidos a fim de se aprofundar no tema.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S.; SANTOS, D.; SILVA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Revista Acta Scientiarum**, v. 31, p. 661-665, 2009.
- ALVES, S. B.; MEDEIROS, M. B.; TAMAI, M. A.; LOPES, R. B. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: Biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 21, p. 16-21, 2001.
- ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 1992. 40 p.
- ANDREOTTI, M.; SORIA, J. E.; COSTA, N. R.; GAMEIRO, R. A.; REBONATTI, M. D. Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhizo de cana em função de doses de vinhaça. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 563-576, 2015.
- ANTUNES, R. P.; NUNES, M. E. T.; MASSUKADO, L. M.; BOTTA, C. M. R.; SALATI, E. Avaliação de características ecotoxicológicas e químicas de fertilizantes orgânicos para aplicação agrícola. **Holos Environment**, v. 8, n. 2, 2008.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. **Nutrição mineral de plantas**. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, cap. 10, 2006, 432 p.
- ARAÚJO, J. B. S.; NETO, J. A.M.; ANTUNES, D. G. Levantamento sobre biofertilizante supermagro em café. In: SIMPÓSIO DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. Poços de Caldas, MG. **Anais**, EMBRAPA Café. p. 438-440, 2000.
- ASSAD, L. Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 13-16, 2017.
- ASSIS, M. Novas tecnologias na propagação de batata. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 30-33, 1999.
- BASSO, S. M. S.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n. 2, p. 221-227, 2008.
- BATTISTELLE, R, A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalanus giganteus* na produção de chapas de partículas. **Revista Minerva - Pesquisa e Tecnologia**. p. 2, 2009.

BÉLANGER, G.; WALSH, J.R.; RICHARDS, J.E.; MILBURN, P.H.; ZIADI, N. Comparison of three statistical models describing potato yield response to nitrogen fertilizer. **Agron. J.**, v. 92, p. 902-908, 2000.

BERTONCINI, E. I. Geração de Resíduos da Indústria da Cana-de-açúcar. In: WORKSHOP: **aspectos ambientais da cadeia do etanol de cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/cana>>. Acesso em de 13 dez. 2019.

BIDARI, B. I.; HEBSUR, N. S. Potassium in relation to yield and quality of selected vegetable crops. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 24, p. 55;59, 2011.

BLACK, J. G. **Microbiologia: fundamentos e perspectivas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 829 p.

BOLOGNA-CAMPBELL, I. R. **Balço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta**. 2007. 110 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

BOOM, R. Solo saudável, pasto saudável, rebanho saudável: a abordagem equilibrada. In: **Anais da Conferência Virtual Global Sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte, Mato Grosso do Sul**, BR. Mato Grosso do Sul. 2002.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília. 2011, 102 p.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. **Biofertilizante**, 2016.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 07, de 12 de abril de 2016. **Altera os anexos IV (limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas) e V (limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo) da Instrução Normativa SDA nº 27**, de 05 de junho de 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2011. 102 p.

BRASIL. Portaria nº 567, de 30 de janeiro de 2003. Dispõe sobre normas, padrões e procedimentos para certificação de material propagativo de batata no estado de Minas Gerais. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Belo Horizonte: IMA, 30 jan. 2003

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Transformação da Matéria Orgânica e do Nitrogênio Durante a Compostagem da Fração Sólida do Chorume Bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1959-1968, 2008.

CALORI, A. H.; FACTOR, T. L.; FELTRAN, J. C.; WATANABE, E. Y.; DE MORAES, C. C.; PURQUERIO, L. F. V. Condutividade elétrica da solução nutritiva e densidade de plantas na produção de batata-semente em aeroponia em condições tropicais de cultivo (inverno/primavera). **Bragantia**, v. 76, n. 1, p. 23-32, 2017.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnésio: um elemento esquecido na produção agrícola. **BetterCrops**, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; DUTRA, F. V.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. S. Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 567-575, 2017.

CAVALCANTE, S. N.; DUTRA, K. O. G.; MEDEIROS, R.; LIMA, S. V.; SANTOS, J. G. R.; ANDRADE, R.; MESQUITA, E. F. Comportamento da produção do feijoeiro macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) em função de diferentes dosagens e concentrações de biofertilizante. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 10-14, 2009.

Centro Internacional de la PAPA (CIP). **Procedimentos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa**. Guía para Cooperados Internacionales, 2010.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; CASTRO SILVA, M. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, n. 4, p. 1175-1184, 2010.

CONAB. **Acomp. safra bras. cana, v. 6 - Safra 2019/20**, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-58, agosto de 2019.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; MONTEIRO, A. B.; PINTO, C. A. B. P.; FAQUIN, V. Densidade de plantas e métodos de colheita na multiplicação de batata-semente em vasos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 270-274, 2007.

CORRÊA, R. F. M.; RICCI, A. B. Compostagem de lodo de esgoto por meio de leira estática aerada com duas taxas de aeração. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 1, n. 2, 2017.

COTTA, J. A. D. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. D. S.; REZENDE, M. O. D. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015.

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Revista Química Nova**. v. 31, n. 7, p. 1820-1830. 2008.

CRUCIANI, D. E.; MAIA, P. C. S.; PAZ, V. P. S.; FRIZZONE, J. A. Fertirrigação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por sistema de irrigação

por aspersão. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 63-67, 1998.

CRUZ, R. F.; GERUDE NETO, O. J. A.; FREITAS, S. J. N.; RODRIGUES, J. B.; SILVA, D. L. L. A aplicabilidade do chorume oriundo do processo de compostagem biofertilizante orgânico para agricultura sustentável. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 3, p. 37-48, 2019.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**. v. 28, n. 3, p. 516- 524, 2008.

DINN, J. P. Biofuels, A Sustainable Alternative to Fossil Fuels? **Mapping Politics**, v. 8, n. 2, 2017.

DE ARAÚJO, E. N.; DE OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; DE BRITO, N. M.; CYNTHIA, M. D. L.; DA SILVA, É. É. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.

DE MEDEIROS, A. S.; DE AMORIM, M. C.; DE ALBUQUERQUE MELO, M. D. C.; SOUZA, M. A.; NASCIMENTO, V. X. Correlação de indicadores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos urbanos do município de Atalaia, Alagoas, Brasil/Correlation of socioeconomic indicators and the generation of urban solid waste in Atalaia, Alagoas, Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 6, p. 1896-1900, 2019.

ELAMIN, E. A.; ELITIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; IBRAHIM, S. H.; ELSHEIKH, M. A.; BABIKER, E. E. The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of sudan. **Journal of Applied Sciences**. v. 7, p. 2345- 2350, 2007.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 227 p.

FAOSTAT. **Food and agricultural commodities production**. 2013.

FATIMA, A. Role of boron in plasma membrane H⁺-ATPase hydrolytic and pumping activity in maize (*Zea mays* L.) A thesis submitted for the requirement of the doctoral degree. **Justus Liebig University Giessen**, Germany, 2013.

FEIJÃO - BRS Esteio. Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2044/feijao---brs-esteio>> Acesso em: 19 jan. 2020.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; PILON, C. Soil Phosphorus Increases Dry Matter and Nutrient Accumulation and Allocation in Potato Cultivars. **American Journal of Potato Research**, v. 92, p. 117–127, 2015.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; MORENO, L. D. A.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, v. 74, p. 102-109, 2015.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M. NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010.

FERNANDES, M. C. A.; LEAL, M. A. A.; RIBEIRO, R. L. D.; ARAÚJO, M. L.; ALMEIDA, D. L. Cultivo protegido do tomateiro sob manejo orgânico. **A lavoura**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 634, p. 44-45, 2000.

FERREIRA, F. F.; BITTENCOURT, M. L. C. Novos métodos aplicados à produção de batata-semente. In: SEMINÁRIO MINEIRO DE BATATICULTURA, 4. **Anais**, Poços de Caldas: Editora Gráfica Irmão Gino. p. 121-124, 2003.

FIALHO, L. L.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; MARTINETO, L. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1927-1934, 2010.

FIALHO, M. L.; PEREIRA, L. A. A. Gestão da sustentabilidade: Compostagem otimizada em resíduos sólidos orgânicos com a utilização de metodologia enzimática na implantação de uma usina de compostagem de lixo no município de Santa Juliana/MG. **International Journal of Knowledge Engineering and Management**, v. 2, n. 2, p. 52-85, 2013.

FIGUEIREDO, P. **Breve história da cana-de-açúcar e do papel do instituto agrônomo no seu estabelecimento no Brasil**. In: DINARDO-MIRANDA, L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A (ed) Cana-de-açúcar, Instituto Agrônomo. p. 31-44, 2010.

FONTES, P.C.R. Calagem e adubação da cultura da batata. **Inf. Agropec.**, v. 20, p. 42-52, 1999.

FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. 2019.

GALBIATTI, J. A.; SILVA, F. G.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 167-177, 2011.

GATTWARD, J. N. Trocas gasosas e composição mineral em folhas de mudas clonais de *Theobroma cacao* L. submetidas à substituição parcial de potássio por sódio no solo. – Ilhéus, BA. 2010, 50 f. Dissertação. Universidade Estadual de Santa Catarina, 2010.

GAZOLA, T.; CIPOLA FILHO, M. L.; JÚNIOR, N. C. F. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 300-306, 2017.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, **Clearwater**, v. 13, n. 6, p. 549-558, 1994.

GEORGES, F. **Caracterização da palha de cana-de-açúcar do Rio Grande do Sul e de seus produtos de pirólise**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011, p. 30-32.

GONÇALVES, A. R. **Fracionamento do bagaço e palha da cana visando aos novos desafios para obtenção de etanol**. In: XVI Workshop – Produção de Etanol: Qualidade da Matéria-Prima.

GRIGORIADOU, K.; LEVENTAKIS, N. Large scale commercial production of potato minitubers, using in vitro techniques. **Potato Research**, v. 42, n. 3, p. 607-610, 1999.

GULLUOGLU, L.; ARIOGLU, H. Effects of seed size and in-row spacing on growth and yield of early potato in a mediterranean-type environment in Turkey. **African Journal of Agricultural Research**. v. 4, p. 535-541, 2009.

HOLE, D. G., PERKINS, A. J., WILSON, J. D., ALEXANDER, I. H., GRICE, P. V., & EVANS, A. D. Does organic farming benefit biodiversity? **Biological Conservation**, v. 122, n. 1, p. 113– 130, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 1-81, 2020. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producaoagricola.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

JÚNIOR, J. D. S.; FONTES, P. C. R.; MOREIRA, M. A.; ALMEIDA GUIMARÃES, M. Produção de mini-tubérculo semente de batata, em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, 2008.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; JITSUYAMA, Y. Soil water stress and the growth and yield of potato plant grown from microtubers and conventional seed tubers. **Field Crops Research**. v. 95, p. 89-96, 2006.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K. Comparação do crescimento e produtividade a campo entre microtubérculos de batata de diferentes tamanhos. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 2, p. 173-178, 2009.

LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; GUEYI, H. R. **Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura**. In: GUEYI, H. R.; DIAS, N. S. LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. 472 p.

LAMBAIS, M. R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. **Scientia Agricola**. v. 63, n. 4, p. 405-413, 2006.

LANDELL, M. G.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P. XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; MENDONÇA, J. R.; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F.; BRANCALIÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL P. E. M. **Sistema de multiplicação de de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas (Documentos IAC, 109), 2012. 17 p.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 392-395. 2007.

LI, X. G.; JIA, B.; LV, J. T.; MA, Q. J.; KUZYAKOV, Y.; LI, F. M. Nitrogen fertilization decreases the decomposition of soil organic matter and plant residues in planted soils. **Soil Biol Biochem**. v. 112. p. 47–55, 2017.

LOPES, L. V.; DERISSO ELDER, M.; SANTARPIOMORA, E. A. A queima da palha da cana-de-açúcar e sua relação com problemas respiratórios. **Revista Brasileira de Ciência da Saúde**, n. 14, p. 4, 2007.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1043-1048, 2007.

LOURENÇO, J. N. P.; SOUSA, S. G. A.; LOURENÇO, F. S.; GUIMARÃES, R. R. **Preparo de composto orgânico sem uso de esterco animal**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, v. 81, p. 6, 2009.

MAHADEVAIAH, M.S.; KUMAR, Y.; GALIL, M.S.A.; SURESHA, M.S.; SATHISH, M.A., NAGENDRAPPA, G.A. Simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **Journal of Chemistry**, n. 4, p. 467-473, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, 2006. 638 p.

MARIANO, E. **Mineralização e disponibilidade de nitrogênio em solos cultivado com cana-de-açúcar**. USP – Universidade de São Paulo. p. 15, 2010.

MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A.; AZANIA, A.; TASSO JUNIOR, L. C.; NOGUEIRA, G. A.; VALE, D. W. **Tópicos em tecnologia sucoalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006. 191 p.

MATOSO, E. S. **Uso de bactérias diazotróficas na produção de mudas de cana-de-açúcar em diferentes substratos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

MATOSO, E. S.; REIS, V. M.; GIACOMINI, S. J.; SILVA, M. T.; AVANCINI, A. R. SILVA, S. D. A. Diazotrophic bacteria and substrates in the growth and nitrogen accumulation of sugarcane seedlings. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 1, 2020.

MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P. A.; FRANKLIN, F.; FERNANDES, F. S.; ALVES, G. R.; DANTAS, P.; CORDÃO, R. P.; XAVIER, W. M. R.; LEAL NETO, J. S. Uso de biofertilizantes líquidos no manejo ecológico de pragas agrícolas. In: Encontro Temático Meio Ambiente e Educação Ambiental da UFPB, João Pessoa. **Anais.**, p. 19-23, 2003.

MELO, G. P.; MELO, V. P.; MELO, W. J. **COMPOSTAGEM**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal. p. 1-3. 2007.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 32, p. 101-110, 2008.

MERCKEL, A. J. **Managing livestock wastyes**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

MILEO, P. C. **Aplicações da celulose de palha de cana-de-açúcar: obtenção de derivados partindo de celulose branqueada e de biocompósitos com poliuretana obtida a partir de óleo de mamona (Ricinus communis L.)**. Tese Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MIRANDA FILHO, H. S. **Cultura da batata**. In: MIRANDA FILHO, H. S.; GRANJA, N. P.; MELO, P. C. T. Vargem Grande do Sul, SP, 2003. 68 p.

MORAES, K. **Resíduos agropecuários: confira infográfico especial**, 2012.

MOREIRA, V. R. R. **Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Coordenação de Agroecologia** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) Bajé – 2006. Disponível em:
<http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/4- biofertilizante.pdf>. Acesso em: 01 out. 2019.

MULLER, D. R. *et al.* Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, v. 39, n. 05, p. 1327-1334, 2009.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. **Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola**. STAB, v. 23, n. 4, p. 42-46, 2005.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 1527-1536, 2002.

NAVA, G.; DECHEN, A. R.; IUCHI, V. L. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 365-37, 2007.

OLIVEIRA, D. C. M. G.; OLIVEIRA, L. F. C.; KUSDRA, G. D. R. F.; DÍAZ, J. L. C. **Desempenho Produtivo da Cultivar de Feijão-Comum BRS Esteio em Unidades Demonstrativas na Região Centro-Sul do Paraná.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 49, 2017, 19 p.

OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, M. D. C.; WENDLAND, A.; HEINEMANN, A.; GUIMARÃES, C.; FERREIRA, E. D. B.; (...) SILVEIRA, P. M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos.** Embrapa Arroz e Feijão-Livro técnico (INFOTECA-E), 2018.

OMORI, W. P. **Diversidade Bacteriana em Solos, Vinhaça e Semicompostagem Relacionados ao Cultivo de Cana-de-Açúcar,** 2014. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

ORRICO, A. C. A.; CENTURION, S. R.; FARIAS, R. M. D.; JUNIOR, O.; PREVIDELLI, M. A.; GARCIA, R. G. Effect of different substrates on composting of poultry litter. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 7, p. 1764-1768, 2012.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1137-1145, 2010.

PAES, A. P. M.; SILVA, J. X. A importância da qualidade da batata-semente na redução do custo de produção. In: Seminário Mineiro de Bataticultura, 4. **Anais.** Poços de Caldas: Editora Gráfica Irmão Gino. p. 55-58, 2003.

PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica: Compostos orgânicos e biofertilizantes.** 2. ed. Campinas: Edição do autor, 2007. 162 p.

PENTEADO, S. R. **Defensivos alternativos e naturais: para uma agricultura saudável.** Campinas, 1999. 95 p.

PEREIRA, H., MELO, L., WENDLAND, A., DEL PELOSO, M. J., de FARIA, L. C., NASCENTE, A., ... & de ALMEIDA, V. M. Esteio-cultivar de feijoeiro comum com grãos pretos, alto potencial produtivo e resistência à antracnose. **Embrapa Arroz e Feijão-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

PEREIRA, M. A.; SILVA, F. M. L.; DUARTE, R. M.; CASTRO, P. R. C. **Efeito de Tiametoxam e Fludioxonil no comprimento das raízes da batata.** Encontro Nacional de Produção, 2007.

PEREIRA NETO, J. T. **Lixo Urbano no Brasil: Descaso, Poluição Irreversível e Mortalidade Infantil.** Ação Ambiental - Universidade Federal de Viçosa, agosto/setembro, p. 8-11, 1998.

PINTO, M. T. **Higienização de lodos.** In: ANDREOLI *et al.* (eds). Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: DESAUFMG/SANEPAR. p. 261-317. 2001.

PÔRTO, M. L. A. **Adubação nitrogenada e diagnóstico do estado de nitrogênio nas culturas de abobrinha, abóbora tipo “Tetsukabuto” e pepino**. Tese. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, v. 1. 2008. 407 p.

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 3, p. 326–332, 2010.

QUEIROZ, L. D. M.; KAWAKAMI, J.; MULLER, M. M. L.; OLIARI, I. C. R.; UMBURANAS, R. C.; ESCHEMBAK, V. Adubação NPK e tamanho da batata-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade de plantas de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 119-127, 2013.

RAMIRO, L. C. F. Caracterização química e identificação de solos desenvolvidos de arenito em uma pedossequência localizada no município de Santa Fé. Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e Semana Acadêmica de Geografia da Universidade Estadual de Londrina. **Anais**, v. 1, p. 786-795, 2018.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 7. **Anais**, Viçosa: UFV, p. 267-269, 2002.

REIS, J. C. S. **Cultivo da batata cv. Ágata sob diferentes fontes e concentrações de adubação potássica**. 2008, 61 f. Dissertação– Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. 2008.

REIS JÚNIOR, R. A.; FONTES, C. R. Qualidade de tubérculos de batata em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, v. 14 p. 170-174, 1996.

ROSA, M. J. S. **Aproveitamento integral dos resíduos filetagem de tilápia e avaliação de impacto econômico**. 2009. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2009.

ROSOLEN, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o soutor do seu feijoeiro. Arquivo do agrônomo, n. 7. In: **Encarte do informações agrônômicas**, n. 68, 1994.

RUGERI, A. P. **Identificação do uso e desempenho de genótipos de cana-deaçúcar no estado do Rio Grande do Sul**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SANTIAGO, R. G.; DOS SANTOS, F. K. G.; LIMA LEITE, R. H.; MENDES, E. M.; AROUCHA, A. G. D. S. Desenvolvimento de um kit de reator de leito fixo de bagaço de cana-de-açúcar para uso didático Development of fixed bed reactor kit using sugarcane bagasse for didactic use. **Revista Verde**. v. 10 n. 2, p. 106-112, 2015.

SANTOS, A. C. V. A ação múltipla do biofertilizante líquido como ferti fitoprotetor em lavouras comerciais. In: Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle ecológico de pragas e doenças, 1. **Anais**. Botucatu: Agroecológica, p. 91-96, 2001.

SANTOS, D. S.; TESHIMA, E.; DIAS, S. M. F.; ARAÚJO, R. A.; SILVA, C. M. R. D. Efeito da secagem em leito nas características físico-químicas e microbiológicas de lodo de reator anaeróbio de fluxo ascendente usado no tratamento de esgoto sanitário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 341-349, 2017.

SANTOS, I. A.; NOGUEIRA, L. A. H. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. **Revista Agroambiental**. p. 1006, 2012.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.

SEABRA, J. E. A. **Análise de opções tecnológicas para uso integral da biomassa no setor de cana-de-açúcar e suas implicações**. 2008. Tese - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2008.

SEVERINO, L. S.; TAVARES, M. J. V.; NASCIMENTO, J. D.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V. **Toxidez causada pelo excesso de torta de mamona como fertilizante orgânico**. Embrapa Algodão, 2007.

SILVA, A. A. S.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 8, n. 2, p. 152-163, 2009

SILVA, D. F.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; BATISTA, R. O.; MOREIRA, D. A. Alteração Química de Solo Cultivado com Capim Tftom 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 3, p. 243-251, 2011.

SILVA, F. L.; PINTO, C. A. B. P.; ALVES, J.; DBENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. L. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, v. 68, p. 295- 302, 2009

SILVA, J. R. A.; FALCÃO, N. P. D. S. Caracterização de sintomas de carências nutricionais em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva. **Acta Amazônica**, v. 32, n. 4, p. 529-529, 2002.

SILVA, M. D. A.; SANTOS, C. M. D.; VITORINO, H. D. S.; RHEIN, L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, p. 173-181, 2014.

SILVA, T. R. B. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agrônômica**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2000.

SOARES, H. R.; NETO, E. B.; BARRETO, L. P.; LIRA, R.M.; LUCENA, E. H. L.; LIMA, N. S.; SILVA, M. A. Comparação de Metodologias para Determinação de N-total em Tecido Vegetal. 2013. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0393-1.pdf>> Acesso em: 01 out. 2019.

SOARES, L. M.; BOMFIM, C. A.; SANTOS, K. C. B.; LIMA, C.; CARVALHO, A. D. F.; FONTENELLE, M. Comportamento de grupos de micro-organismos em função do tempo de preparo de biofertilizante Hortbio. In: Embrapa Hortaliças-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: **Anais** da V e VI jornada científica da Embrapa Hortaliças. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

SOUZA, W. P. Efeitos de adubação organo-mineral do solo sobre a produção de pimentão (*Capissicum anuum* L.). 1999. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

SOUZA, Z. S.; SILVA A. C. F.; BEPLER NETO R. **Cadeias produtivas do estado de Santa Catarina: batata**. (Epagri. Boletim técnico, 104), Florianópolis: 1999, 84 p.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosaic**. 2006. 62 f. Tese. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 848 p.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers**, 3. ed. New York, Macmillan. 1975, 694 p.

UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos. **Censo varietal 2016**. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/downloads>. Acesso em: 12 jan. 2020.

ÚNICA – **União da Indústria de Cana-de-Açúcar**. 2009. Disponível em:< <https://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S., BRUM JUNIOR, B. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**. v. 58, p. 59-85, 2009.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, p. 423-447, 2003.

VERISSIMO, M. A. A. Desempenho agrônomico de genótipos de cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Sul. 2012, 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2006. 600 p.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar. (Encarte técnico/Informações Agronômicas, n.97). **Piracicaba**. POTAFOS, 2002. 16 p.

VOS, J.; BOM, M. Hand-held chlorophyll meter: A promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. **Potato Res**, v. 36, p. 301-308, 1993.

XAVIER, C. V.; NATALE, W. Influência do boro no teor, acúmulo e eficiência nutricional em porta-enxertos de caramboleira, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2017.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G.; CAMPANA, M. P; *et al.* **Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar – mudas pré-brotadas (MPB)**. Documentos IAC, n. 113. Instituto Agronômico, Campinas, SP. 2014, 22 p.

YIN, X.; LANTINGA, E. A.; SHAPENDONK, H. C. M.; ZHONG, X. Some quantitative relationships between leaf area index and canopy nitrogen content and distribution. **Ann. Bot.**, v. 91, p. 893-903, 2003.

YOKOYAMA, L. P. **Tendências de mercado e alternativas de comercialização do feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002.