

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

DISSERTAÇÃO

**Efeito da adição de cinza e de pó de granito na compostagem de braquiária com
gliricídia visando a produção de substrato e fertilizante orgânicos**

Paulo Sergio da Silva Leite

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA-PPGAO**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE CINZA E DE PÓ DE GRANITO NA COMPOSTAGEM DE
BRAQUIÁRIA COM GLIRICÍDIA VISANDO A PRODUÇÃO DE SUBSTRATO E
FERTILIZANTE ORGÂNICOS**

PAULO SERGIO DA SILVA LEITE

Sob a Orientação do pesquisador
Marco Antônio de Almeida Leal

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção
do grau de **Mestre** em
Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
2017

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

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

d533e

da Silva Leite , Paulo Sergio, 1974-
Efeito da adição de cinza e de pó de granito na
compostagem de braquiária com gliricídia visando a
produção de substrato e fertilizante orgânicos / Paulo
Sergio da Silva Leite . - 2017.
42 f.

Orientador: Marco Antônio de Almeida Leal.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, CURSO DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA-PPGAO, 2017.

1. Hortaliças. 2. Mudas. 3. Adubação orgânica.
I. de Almeida Leal, Marco Antônio, 1966-, orient.
II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
CURSO
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA-
PPGAO III. Título.

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

PAULO SERGIO DA SILVA LEITE

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/08/2017

Marco Antônio de Almeida Leal (Dr.)
Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Caio de Teves Inácio (Dr.)
Embrapa Solos

Raul Castro Carriello Rosas (Dr.)
Embrapa Agrobiologia

Dedicatória

Dedico aos meus pais Janos Freire Leite (in memorian) e Maria Vieira da Silva Leite (in memorian) lavrador e dona de casa que muito me honra pelo exemplo de vida. Foi através do suor e do amor destas duas almas que me permitiram alcançar esse aprimoramento profissional. Sei que a história deles são a de muitos pais que fizeram de tudo para dar a seus filhos um futuro melhor.

Agradecimentos

A Deus pela vida e por ter colocado tanta gente boa no meu caminho.

Ao meu Orientador Marco Antônio de Almeida Leal, pelo incentivo, orientação e paciência.

A minha esposa Ana Cristina Bittar e as nossas filhas Mariana Bittar Leite e Helena Bittar Leite pelo amor e compreensão.

A UFRRJ onde fiz minha graduação e trouxe bons momentos em minha vida e a EMBRAPA Agrobiologia pela oportunidade oferecia.

A todos os professores e funcionários que contribuíram para o aprimoramento dos meus conhecimentos e dedicação.

Em especial aos professores José Guilherme Marinho Guerra e Raul de Lucena Duarte Ribeiro pela luta do ensino de uma agricultura de base sustentável.

Aos amigos Pedro Paulo Dias, Sidinei Walbert de Barros, André Erse Cirino e Natalina pela ajuda na condução dos experimentos.

Aos meus colegas de turma que foram fundamentais na minha formação pelo companheirismo, incentivo e troca de saberes.

RESUMO

LEITE, Paulo Sergio da Silva. Seropédica: **Efeito da adição de cinza e de pó de granito na compostagem de braquiária com gliricídia visando a produção de substrato e fertilizante orgânicos.** UFRRJ, 2017 42f (Dissertação, Mestrado profissional em Agricultura Orgânica).

A compostagem é uma importante alternativa para o processamento de resíduos e subprodutos de composição orgânica visando à produção de substratos e fertilizantes, sendo que a utilização de aditivos pode melhorar o processo de compostagem e a qualidade dos compostos obtidos. Os objetivos desse trabalho foram estudar o efeito da adição de cinza e de pó de granito na mistura de palhadas de braquiária (*Brachiaria brizanta*) com gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.): i) nas características físico-químicas observadas ao longo de 120 dias de compostagem; ii) no uso do composto como substrato para a produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); e iii) no uso do composto como adubo orgânico para a produção de alface e de beterraba cultivados em sistema orgânico. Observou-se que é possível produzir compostos orgânicos a partir da mistura de braquiária com gliricídia. A adição de cinza ou de pó de granito à mistura inicial reduz os teores de C, N e K dos compostos obtidos, devido ao menor teor de C, N e K apresentado por esses materiais, principalmente em relação à gliricídia, mas a adição de pó de granito aumenta a humificação da matéria orgânica e a adição de cinza aumenta os teores de Ca, Mg e P do composto. Os compostos da mistura de braquiária com gliricídia podem ser utilizados como substratos para a produção de mudas de hortaliças, sendo que a adição de cinza ou pó de granito na mistura não melhora o desempenho desses substratos. A utilização dos compostos da mistura de braquiária e gliricídia como fertilizantes para a produção de alface e de beterraba cultivadas em sistema orgânico não proporcionaram efeitos significativamente superiores aos observados com a utilização de esterco bovino e à testemunha sem adubação, mas esse resultado pode ser devido à elevada fertilidade encontrada na área experimental e ao fato dessas culturas apresentarem ciclos muito curtos, não havendo tempo suficiente para a mineralização da maior parte dos nutrientes presentes nos fertilizantes orgânicos utilizados.

Palavras-chaves: Hortaliças, mudas, adubação orgânica.

ABSTRACT

LEITE, Paulo Sergio da Silva. **Effect of the addition of ash and granite powder on a composting of brachiaria and gliricidia aiming to obtain substrates and organic fertilizers.** Seropédica: UFRRJ, 2017. 42f. (Master, professional Master of Organic Agriculture).

Composting is an important alternative for the processing of waste and by-products of organic composition aimed at the production of substrates and organic fertilizers, and the utilization of additives, such as ashes and rock powder, can improve the compost processes and the properties of the compost obtained. The objective of this work was to study the effects of the addition of ashes and granite powder on the mixture of straws of *Brachiaria brizanta* with *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.): i) on the physicochemical characteristics observed over 120 days of composting; ii) on using of the compost as a substrate for the production of seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.), beet (*Beta vulgaris* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.); and iii) on the use of the compost as an organic fertilizer for the vegetable production of lettuce and beet. It has been observed that it is possible to produce organic composts from the mixture of brachiaria with gliricidia. The addition of ash or granite powder to the initial mixture reduces the C, N and K contents of the organic composts obtained, due to the lower content of C, N and K presented by these materials, especially in relation to gliricidia, but the addition of granite powder increases the humification of the organic matter and the addition of ash increases the contents of Ca, Mg and P. The organic composts obtained from the mixture of brachiaria with gliricidia can be used the substrates for the production of vegetable seedlings, and the addition of ash or granite powder in the mixture does not improve the performance of these substrates. The use of organic compost obtained from the mixture of brachiaria and gliricidia as fertilizers for the organic production of lettuce and beet did not provide significantly greater effects than those observed with the use of bovine manure and the control treatment without fertilization, but this result can be due to the high fertility found in the experimental area and to the fact that these crops have very short cycles, and there is insufficient time for the mineralization of most of the nutrients present in the organic fertilizers used.

Key-words: Vegetables, seedlings, organic fertilization.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Teores de N, Ca, Mg, P e K da maravalha de eucalipto e das matérias-primas utilizadas (média de três repetições \pm desvio médio).....	07
Tabela 2. Relação entre os teores disponíveis e totais de Ca, Mg, P e K da cinza e do pó de granito utilizados na compostagem.....	08
Tabela 3. Resultados da análise de fertilidade dos solos utilizados nos experimentos de produção de alface e de beterraba.....	11
Tabela 4. Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo de compostagem na subparcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das subparcelas.....	13
Tabela 5. Características avaliadas ao final do processo de compostagem (120 dias) da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito).....	20
Tabela 6. Proporção de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e de substância húmicas (AF+AH) em relação ao conteúdo de C, no final do processo de compostagem (120 dias) da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito).....	21
Tabela 7. Teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.....	22
Tabela 8. Proporção (%) dos teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K em relação aos teores totais, dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.....	23
Tabela 9. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.....	23
Tabela 10. Número de folhas, altura, massa fresca da parte aérea, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de beterraba produzidas com diferentes substratos.....	23
Tabela 11. Número de folhas, altura, massa fresca da parte aérea, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de tomate produzidas com diferentes substratos.....	24
Tabela 12. Diâmetro da cabeça, número de folhas e massa fresca de parte aérea de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.....	25
Tabela 13. Massa fresca de parte aérea, massa fresca da raiz e diâmetro da raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.....	25
Tabela 14. Número de folhas, altura, massa fresca da parte aérea, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de tomate produzidas com diferentes substratos.....	26
Tabela 15. Diâmetro da cabeça, número de folhas e massa fresca de parte aérea de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.....	33
Tabela 16. Massa fresca de parte aérea, massa fresca da raiz e diâmetro da raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.....	34

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Organograma das atividades.	06
Figura 2. Temperaturas observadas durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	14
Figura 3. Valores de pH observados durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	15
Figura 4. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	16
Figura 5. Valores de densidade (base seca) observados durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	16
Figura 6. Teores de N observados durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	17
Figura 7. Emissões de CO ₂ observadas durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	18
Figura 8. Emissões de NH ₃ observadas durante a compostagem da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (média de três repetições \pm erro padrão).....	19
Figura 9. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.....	27
Figura 10. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.....	28
Figura 11. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.....	29
Figura 12. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.....	30
Figura 13. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.....	31
Figura 14. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Utilização de materia orgânica	2
2.2 Definição de compostagem	2
2.3 Processo de compostagem.....	2
2.4 Composto orgânico.....	2
2.5 Materiais utilizados na compostagem.....	3
2.5.1 Braquiária brizanta.....	3
2.5.2 Gliricídia.....	3
2.5.3 Pó de granito.....	3
2.5.4 Cinza.....	4
2.6 Substratos para produção de mudas de hortaliças.....	4
2.7 Adubação orgânica de hortaliças.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1 Atividade 1: Avaliação da Compostagem	6
3.2 Avaliação dos compostos obtidos na produção de mudas de olerícolas.....	9
3.2.1. Caracterização dos substratos	9
3.2.2. Experimentos de Produção de Mudas	10
3.2.3. Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos	11
3.3. Experimentos de avaliação dos compostos obtidos na produção de olerícolas.....	11
3.3.1. Experimento com Alface.....	12
3.3.2. Experimento com Beterraba.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	133
4.1. Avaliação do processo de compostagem.....	133
4.2. Experimentos de Produção de Mudas de hortaliças	21
4.2.1. Caracterização dos substratos.....	21
4.2.2. Produção de Mudas	24
4.2.3. Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos	26
4.3. Experimentos de Produção de alface e beterraba	32
4.3.1. Experimento de alface	32
4.3.2. Experimento de beterraba.....	33
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica tem crescido a cada ano, e junto com ela a demanda por insumos orgânicos que obedeçam a legislação do setor. A olericultura orgânica consome muitos destes materiais e de maneira intensiva, sendo que os insumos de origem animal, como a cama de aves e o esterco bovino, estão cada dia mais escassos e com custos elevados. Entretanto, há alternativas viáveis para a sua substituição, pois com as crescentes demandas da sociedade em outros setores, tem-se aumentado a produção de resíduos agroindustriais, que à primeira vista pode representar uma ameaça ao ambiente, mas que tendo uma destinação correta e tratamentos específicos, podem ajudar a suprir a demanda por insumos utilizados na produção agropecuária.

O processo de compostagem é uma forma de tratar adequadamente os resíduos e subprodutos de natureza orgânica, possibilitando a sua utilização na agricultura. Essa técnica busca proporcionar condições apropriadas de temperatura, aeração, umidade e relação C:N da mistura visando otimizar o processo de estabilização e humificação da matéria orgânica, produzindo fertilizantes e substratos eficientes e com reduzida contaminação. A viabilidade econômica da obtenção de fertilizantes e substratos por meio da compostagem está condicionada à disponibilidade de resíduos e subprodutos localmente disponíveis. É necessário encontrar matérias-primas com custo reduzido, que sejam ofertadas de forma abundante e contínua, e que apresentem reduzida contaminação química e biológica.

A palhada de *Brachiaria brizanta* apresenta elevado potencial para ser utilizada como fonte de carbono (C) e a *Gliricidia sepium* como fonte de nitrogênio (N), substituindo, desta forma, os materiais de origem animal. A *Brachiaria brizanta* é uma espécie de gramínea bastante abundante na Região Noroeste Fluminense, ocupando a maioria das pastagens em nosso estado, devido a sua rusticidade e pouca necessidade de manutenção. A *Gliricidia sepium* encontra-se bem disseminada nas unidades produtivas com manejo orgânico ou de agricultores simpatizantes de uma agricultura de base sustentável. Esta ocorrência é fruto de um trabalho de vários pesquisadores e extensionistas que, por vários anos, recomendaram a utilização desta espécie. É de fácil propagação e possui rápido crescimento e boa produção de ramos e sementes. Por ser leguminosa, contribui com o aporte de N via fixação biológica.

Um resíduo também que se apresenta de forma abundante na região é o pó de granito, que é gerado nas serrarias produtoras de pedras ornamentais, tratando-se de um pó muito fino. A literatura recomenda a adição de fosfatos naturais, rochas calcárias e rochas silicatadas visando elevar o teor de nutrientes do composto e aproveitar eventuais efeitos solubilizadores que possam ocorrer durante a compostagem. Além disto, o pó de rocha pode contaminar o ambiente, e por isto busca-se uma destinação adequada para este resíduo.

Grandes volumes de cinza vegetal são gerados em fábricas de papel localizadas no município de Santo Antônio de Pádua-RJ e no município vizinho de Pirapetinga-MG, onde toras de eucaliptos são queimadas para aquecimento de suas caldeiras. A cinza apresenta elevados teores de alguns nutrientes, e pode ser utilizada diretamente como fertilizantes ou corretivo de solo, ou então, adicionada ao composto.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram: 1- Avaliar o efeito da adição de pó de granito e de cinza sobre o processo de compostagem da mistura das palhadas de braquiária e de gliricídia; 2- Avaliar a eficiência dos compostos obtidos como substratos na produção orgânica de mudas de alface, beterraba e tomate; e 3- Avaliar a eficiência dos compostos obtidos como adubos na produção de alface e beterraba cultivadas em sistema orgânico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Utilização de Matéria Orgânica

Segundo Nunes (2009), a utilização de matéria orgânica proporciona melhorias na qualidade dos solos e também contribui para a manutenção da fertilidade, além de auxiliar na manutenção da temperatura e umidade, favorecendo dessa forma o desenvolvimento das raízes e folhas e por consequência possibilitando o aumento da produtividade.

A utilização de matéria orgânica no solo, além de proporcionar aporte de nutrientes para as plantas, também possui função modificadora, gerando melhorias nos atributos físicos e biológicos, sendo esta sua principal função (OLIVEIRA et al., 2004).

2.2 Definição de Compostagem

WRAP (2004) define a compostagem como sendo a decomposição biológica de substratos orgânicos, mediante condições ideais que permitem alcançar temperaturas termofílicas como resultado da produção biológica de calor, tendo como objetivo a obtenção de um produto final estável, livre de patógenos e de sementes, e que possa ser utilizado em benefício do solo. Segundo Oliveira et al. (2005), o processo de compostagem pode proporcionar a transformação de diferentes resíduos de natureza orgânica em adubos que possibilitam a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos, quando adicionados ao solo.

De acordo com Vicentini et al. (2009), a compostagem é um processo que transforma materiais brutos, como palhas e esterco animais, em materiais orgânicos úteis para agricultura, sendo este processo realizado por microrganismos do solo que se aproveitam da matéria orgânica natural como fonte de C, nutrientes e energia, fato este que caracteriza a compostagem como um processo rico em transformações de natureza química. Alves (2006) aponta a compostagem como sendo um mecanismo para destinação de resíduos diversos (resíduos de origem vegetal e animal, lixo urbano, resíduos de indústrias e lodo de esgoto) que são passíveis de se tornarem um poluidor do ambiente.

2.3 Processo de Compostagem

Durante o processo de compostagem, ocorre a degradação de grande parte da matéria orgânica até a forma de CO₂, permitindo a liberação de uma parte expressiva de nutrientes que se encontravam imobilizados nas substâncias orgânicas, além disto, as perdas dos nutrientes por volatilização e lixiviação geralmente são menores que a perda de C por emissão de CO₂, possibilitando a concentração de nutrientes (LEAL, 2006).

Através de um processo de compostagem eficiente ocorre a inativação de diversos patógenos nocivos aos seres humanos e aos animais, tais como, parasitas patogênicos, bactérias, grande parte dos vírus e protozoários. (JONES e MARTIN, 2003). Na produção do composto orgânico importantes microrganismos, como fungos e bactérias, agem em ambiente aeróbico e com presença de água, transformando a matéria orgânica presente em húmus (TEIXEIRA et al., 2002).

2.4 Composto Orgânico

O composto feito com variados resíduos orgânico resulta em um produto mais completo na sua composição nutricional (COUTO et al., 2008). De acordo com Sartori et al. (2012), o composto orgânico é rico em macro e micronutrientes, que diferentemente dos adubos sintéticos, são liberados lentamente, proporcionando às plantas a absorção de nutrientes em quantidades ideais e segundo as suas necessidades.

Segundo Oliveira et al. (2004), o composto orgânico é rico em húmus, e possui como características principais a coloração escura e o de matéria orgânica em torno de 50% a 70%. Ainda segundo este autor, por ser preparado a partir de restos vegetais e esterco de animais, é classificado como adubo orgânico.

2.5 Materiais Utilizados na Compostagem

2.5.1 *Brachiaria brizanta*

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são originárias de uma região vulcânica do leste da África e representam um marco na pecuária brasileira, pois ocupam grandes áreas em todo território nacional (VALLE; MILLES, 1994). Foram introduzidas no Brasil por volta de 1967, no Estado de São Paulo, de onde foram distribuídas para várias regiões (EMBRAPA, 1999). Esse gênero tem-se firmado pela capacidade de adaptação às diversas condições ambientais e de manejo de pastagens (CRUZ, 2010, citado por BEZERRA, 2013).

Segundo Soares Filho (1997), a *Brachiaria brizantha* possui média exigência em fertilidade do solo, é utilizada para pastejo e fenação, sendo mais ereta que a *B. decumbens* e pode atingir de 1,0 a 1,2 m (touceiras) de altura, sendo rizomatosa e perene. A produção de massa seca varia entre 16 a 18 Mg ha⁻¹ ao ano, no entanto, Souza (2002), citado por Bezerra (2013), considera que a produção de massa seca dessa forrageira tropical está em torno de 10 a 18 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

2.5.2 *Gliricídia*

Dentre as leguminosas que podem apresentar um potencial de uso na compostagem, destaca-se a gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] que, além de produzir grande quantidade de biomassa com baixa disponibilidade hídrica, tem grande capacidade de fixar N atmosférico (BARRETO e FERNANDES, 2001), apresenta rápido crescimento e alta capacidade de regeneração após sucessivas podas. Marin et al. (2007) estudando a gliricídia ao longo de três anos, obtiveram produtividade média de 3,3 Mg ha⁻¹ para a matéria seca de folhas e galhos finos, sendo a produtividade média de 1,5 kg de matéria seca por árvore. Nesse mesmo estudo, as concentrações médias de N, P e K na biomassa da gliricídia (folhas + galhos finos), foram 3,32, 0,24 e 2,8%, respectivamente. Assim, quando usada como adubo verde, além de aportar grandes quantidades de biomassa, a gliricídia pode melhorar os atributos químicos e físicos do solo, como demonstraram Barreto & Fernandes (2001), supondo-se que tenha também alto potencial para ser utilizada na compostagem, conforme foi demonstrado por Silva et al. (2013).

2.5.3 Pó de granito

São poucos os dados encontrados na literatura científica sobre a utilização de rochas silicatadas como fonte de nutrientes, concentrando-se principalmente em materiais como o pó de basalto (ESCOSTEGUY e KLANT, 1998), ou materiais especialmente ricos em algum nutriente, porém de distribuição mais restrita, como flogopitito (SOUZA FILHO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2010), Fonolito (VON WILPERT e LUKES, 2003), Vendete ou Glauconito (PIZA et al., 2011), entre outros. Como na agroecologia busca-se potencializar os recursos locais, pesquisas com outros materiais silicatados, como Gnaisse, rocha de grande ocorrência no território brasileiro e com boa amplitude de elementos nutrientes às plantas (Brasil, 1983), são especialmente importantes. Além disso, com o Gnaisse é amplamente utilizado na construção civil (FRASCÁ e SARTORI, 1998), grandes quantidades de rejeitos deste material são geradas na atividades de corte e moagem, o que indica boa disponibilidade para seu uso agrícola (CARVALHO, 2012).

2.5.4 Cinza

Indústrias de madeira e usinas geram enormes quantidades de cinzas de madeira e, durante muito tempo, o método mais comum de destinação tem sido a sua disposição em aterros. Porém, com o surgimento de regulamentos para conservação do meio ambiente, aumentaram-se os custos de deposição em aterros e as dificuldades para encontrar novos locais para o acondicionamento. Ao longo de algumas décadas, uma série de estudos têm sido realizados sobre a utilização de cinzas de madeira na agricultura e silvicultura. Devido as suas propriedades e sua influência sobre a química do solo, a utilização de cinzas de madeira é particularmente adequada para o manejo da fertilidade de solos ácidos tropicais e solos florestais (DEMEYER et al., 2001 citado por BEZERRA, 2013).

2.6 Substratos para Produção de Mudanças de Hortaliças.

Substrato pode ser definido como sendo o meio em que as raízes das plantas desenvolvem-se quando não cultivadas no solo in situ, apresentando como principal função conceder suporte às plantas, podendo ainda regular a disponibilidade de água e nutrientes (KÄMPF, 2000). Atualmente, a utilização de substratos em sistemas de produção de plantas comparativamente aos cultivos em solo, apresenta algumas vantagens, como o fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, a diminuição do risco de salinização do meio radicular, a possibilidade de manejar a água mais adequadamente, além da redução da ocorrência de problemas fitossanitários, os quais influenciam diretamente no rendimento e na qualidade final dos produtos (ANDRIOLO et al., 1999 citado STEFFEN et al., 2010).

As características necessárias em substrato para a produção de mudas com qualidade são: meio adequado para a sustentação e retenção de água, oxigênio, nutrientes, possuir uma faixa ótima do pH e não conter elementos químicos em níveis tóxicos. Quando os substratos possuem resíduos em sua constituição, os diferentes percentuais de combinação devem ter um foco especial pelo fato de atuarem diretamente no crescimento e conseqüentemente na qualidade das mudas produzidas (TOLEDO et al., 2013).

O uso de substratos constituídos pela mistura do composto e de alguns subprodutos, tais como casca de arroz, serragem, bagaço da cana-de-açúcar, pó de rocha, fibra de coco e areia (FERNANDES et al., 2006) favorece a sustentabilidade da pequena e média propriedade. Possuem capacidade de suprir completamente a demanda por nutrientes eliminando a utilização de fertilizantes químicos e podem ser obtidos com facilidade na propriedade rural ou imediações, fatos que propiciam menores custos ao produtor rural (LEAL et al., 2007; FACTOR et al., 2008).

2.7 Adubação Orgânica de Hortaliças.

De acordo com Freitas et al. (2009) a nutrição de plantas é fundamental, em qualquer sistema de produção agrícola, para que se tenha uma planta equilibrada, resistente ao ataque de pragas e doenças e que forneça produtos de boa qualidade. É reconhecida a importância e a necessidade da adubação em hortaliças, estando o sucesso da produção totalmente ligado à nutrição das plantas. Entretanto o uso de adubos orgânicos principalmente nas hortaliças folhosas como na cultura da alface, visa compensar as perdas de nutrientes ocorridas durante seu cultivo (KIMOTO, 1993).

Bulluck et al. (2002) afirmam que compostos orgânicos usados como melhoradores alternativos da fertilidade do solo podem resultar em incremento da matéria orgânica e atividade biológica do solo, visando não só à melhoria das suas propriedades físicas e químicas. Os adubos orgânicos contêm vários nutrientes minerais, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio e, embora sua concentração seja considerada baixa, deve-se levar em conta, também, o efeito condicionador que exercem sobre o solo (FORNASIERI FILHO, 1992). Considerando-se este aspecto, e também em virtude do alto custo de fertilizantes minerais,

tem-se cultivado hortaliças com adubos orgânicos de várias origens, visando melhorar as propriedades físicas e químicas do solo (COSTA, 1994).

O uso de composto orgânico permite melhora na fertilidade, além de ser excelente condicionador de solo, melhorando suas características físicas, químicas e biológicas, como retenção de água, agregação, porosidade, aumento na capacidade de troca de cátions, aumento da fertilidade e aumento da vida microbiana do solo, entretanto, o valor fertilizante do composto depende do material utilizado como matéria prima (YURI et al., 2004). Os nutrientes presentes no composto orgânico, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem uma liberação mais lenta quando comparadas com adubos minerais, pois dependem da mineralização da matéria orgânica, proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que, muitas vezes, favorece um melhor aproveitamento (RAIJ et al., 1996). Já o potássio, apesar de ser encontrado em apenas uma pequena porção contida na matéria orgânica, está presente na forma livre, sendo prontamente liberado para o solo (KIEHL, 1985).

A adubação orgânica tem grande importância no cultivo de hortaliças, principalmente em solos de clima tropical, onde a queima de matéria orgânica se realiza intensamente, e onde seu efeito é bastante conhecido nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ALLISON, 1973; SENESI, 1989; SWIFT e WOOPER, 1993). A grande maioria dos trabalhos encontrados na literatura diz respeito ao uso de esterco, resíduos líquidos e restos vegetais, reportando seu efeito como melhoradores do solo e fornecedores de nutrientes. Embora parte dessa informação possa ser extrapolada e assumida como válida no que diz respeito ao uso de compostos, estes têm uma dinâmica no solo bastante diversa dos materiais em estado cru, por ser uma matéria orgânica decomposta e estabilizada (KIEHL, 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos na propriedade rural denominada Sítio Boa Vista da Cachoeira, unidade produtiva certificada para produção orgânica, localizada no município de Miracema, com coordenadas: S 21° 21' 41.0" e O 41° 09' 18.8". A cidade integra a região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, com altitude de 154 m em relação ao nível do mar. O clima é do tipo Tropical de com inverno seco (Cw) de acordo classificação climática de Köppen. A precipitação média anual é de 1.200 mm e a temperatura média anual é de 22° C, com estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno. O solo é classificado como argissolo vermelho-amarelo.

O estudo foi constituído por três grandes atividades, conforme apresentado na Figura 1: 1- Avaliação do processo de compostagem da mistura de palhada de braquiária e gliricídia, com adição de pó de granito ou cinza; 2- Avaliação da utilização dos compostos como substratos para o desenvolvimento de mudas de alface, beterraba e tomate, produzidas em sistema orgânico; e 3- Avaliação da utilização dos compostos como fertilizante para o desenvolvimento de alface e beterraba, cultivados em sistema orgânico de produção.

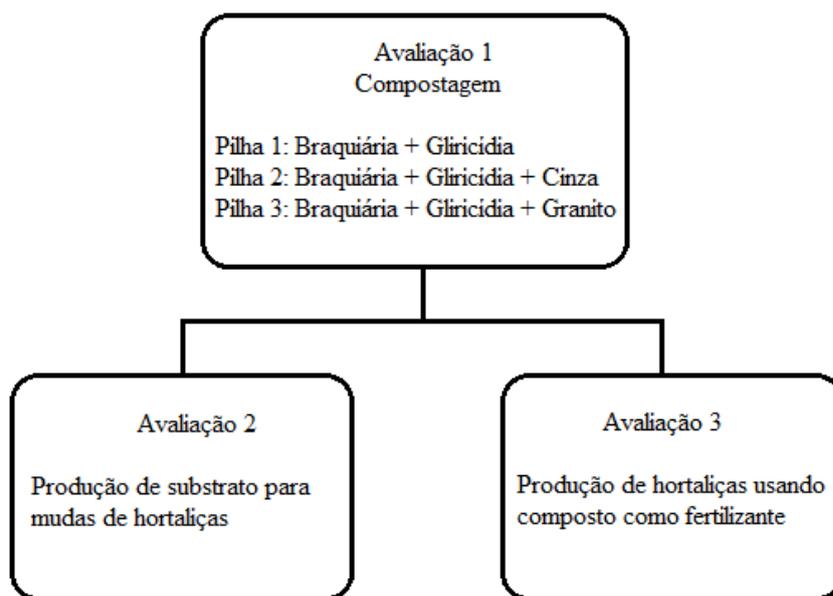


Figura 1. Esquema das atividades previstas na dissertação de Mestrado

3.1 Avaliação do Processo de Compostagem

Esta avaliação teve seu início em 26 de janeiro de 2016, quando foram montadas as três leiras, que permaneceram em processo de compostagem durante 120 dias, sendo encerrado em 25 de maio de 2016. Foram adotados três tratamentos no intuito de se avaliar a influência da adição de cinza e de pó de granito no processo de compostagem da mistura de palhada de braquiária e gliricídia:

- T1 – 60% Braquiaria + 40% Gliricídia (BR + GL).
- T2 – 55% Braquiaria + 35% Gliricídia + 10% Cinza (BR + GL + Cinza).

- T3 – 20% Braquiária + 30% Gliricídia + 50% Pó de granito (BR + GL + PG).

As proporções estão apresentadas com base na massa seca e foram determinadas com base nos seguintes critérios:

1- Em todos os tratamentos foram utilizados 500 litros de braquiária e 500 litros de gliricídia, cujas densidades secas foram 49,3 e 31,3 kg m⁻³, respectivamente. Optou-se por determinar as proporções de braquiária e de gliricídia com base no volume para facilitar a reprodução desse processo de compostagem por parte dos agricultores.

2- A cinza foi utilizada na proporção de 10% da massa seca da leira com base em resultados de trabalhos que utilizaram a cinza na compostagem, como Juaréz et al. (2015), Mohee et al. (2015), Koivula et al. (2004), Kurola et al. (2011) e Ricardo et al. (2014).

3- O pó de granito foi utilizado na proporção de 50% da massa seca da leira com base em resultados de trabalhos que utilizaram materiais minerais na compostagem, como Karak et al. (2014) e Szmidt & Ferguson (2004), e devido ao objetivo de buscar uma forma de aproveitar este resíduo que é produzido em grande quantidade na região.

A *Brachiaria brizantha* foi colhida na própria unidade, com utilização de foices e roçadeiras. A gliricídia também foi colhida no mesmo local, e foram utilizadas somente folhas e galhos finos. O pó de granito foi obtido em uma serraria localizada próxima ao local da compostagem, e a cinza foi obtida em uma indústria de papel denominada “INPEL”, localizada no município de Santo Antônio de Pádua, sendo este material constituído basicamente por cinza de madeira de eucalipto não tratado queimada nas caldeiras.

Foram coletadas três amostras das matérias-primas utilizadas nos compostos. As palhadas de braquiária e de gliricídia foram secas em estufa de ventilação forçada e posteriormente moídas. Todas as amostras foram enviadas para o Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia para determinação dos teores totais de N, Ca, Mg, K e P, de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Teores totais de C, N, Ca, Mg, P e K e relação C:N dos materiais utilizados na compostagem.

	C	N	C:N	Ca	Mg	P	K
	----- g kg ⁻¹ -----			----- g kg ⁻¹ -----			
Braquiária	415,8	7,8	53,3	2,3	2,9	1,3	17,3
Gliricídia	428,8	26,9	16,0	12,3	2,9	1,9	25,7
Cinza	--	--	--	229,5	32,5	45,2	16,1
Pó de granito	--	--	--	5,0	8,9	5,4	1,4

Também foram realizadas análises dos teores disponíveis de Ca, Mg, P e K dos materiais minerais utilizados, sendo calculadas as relações entre os teores disponíveis e totais, cujo resultado está apresentado na Tabela 2.

As leiras de composto foram instaladas em um galpão com piso cimentado, no intuito de não permitir o contato direto do material com o solo. Sua montagem foi feita por meio de quatro camadas sobrepostas de braquiária + gliricídia, com 25 cm de altura cada, sendo que os materiais em pó foram polvilhados sobre a camada de cada vegetal. Após a montagem de cada camada, realizou-se a mistura e a irrigação da mesma. A umidade da mistura foi determinada por meio da retirada de uma amostragem do material e posterior compressão com

os dedos, sendo considerado como ponto ideal de umidade aquele em que ocorreu leve escorrimento de água entre os dedos.

Tabela 2. Relação entre os teores disponíveis e totais de Ca, Mg, P e K da cinza e do pó de granito utilizados na compostagem.

	Ca	Mg	P	K
	----- % -----			
Cinza	2,0	0,0	0,0	86,0
Pó de granito	3,0	0,2	10,4	20,7

As leiras tiveram as dimensões de 3,4 x 1,3 x 0,7 metros, o equivalente a aproximadamente 3,094 m³. O período total de compostagem foi de 120 dias. A irrigação das leiras foi realizada sempre que as amostragens revelavam umidades abaixo de 50%. Durante todo o processo de compostagem a umidade das três leiras permaneceu com valores entre 50% e 70%. Foram realizados três revolvimentos das leiras, que ocorreram no 37º, 57º e 99º dias de compostagem.

A temperatura das leiras foi avaliada semanalmente. Aos 0, 14, 30, 60, 90 e 120 dias foram avaliados os parâmetros pH, condutividade elétrica (CE), densidade e teor de N. Aos zero e 120 dias foram avaliados os teores de Ca, Mg, N, P e K. Aos 120 dias foram avaliados o teor de C, a variação da massa, do volume e do conteúdo de N em relação valores iniciais, ou seja, no dia da montagem das leiras, e também as proporções de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e de substância húmicas (AF+AH) em relação ao conteúdo de C.

As amostragens foram realizadas em três repetições, na metade da altura da pilha. A avaliação de temperatura foi realizada utilizando-se um termômetro digital tipo espeto, inserido a 50 cm de profundidade. As amostras do composto foram retiradas, acondicionadas em potes plásticos de 500 ml e armazenadas em freezer até o momento de seu processamento, quando foram descongeladas e imediatamente divididas em duas subamostras. Uma foi acondicionada em saco plástico e armazenada em freezer, para análise de pH, CE e emissões de CO₂ e NH₃. A outra, para análise dos teores de nutrientes, foi acondicionada em saco de papel, seca em estufa (> 72 h, 65° C), e moída em moinho tipo Wiley.

O pH e a condutividade elétrica (CE) foram avaliados de acordo com a metodologia do Ministério da Agricultura (2007). A densidade em base seca foi medida a partir da coleta amostras do material fresco em recipiente de 500 ml. As emissões de CO₂ e de NH₃ foram quantificadas conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2014) modificada, alterando-se a temperatura de incubação de 25° C para 30° C. O teor de C foi quantificado por meio de analisador elementar. As análises dos teores de N, Ca, Mg, P e K foram realizadas no laboratório da Embrapa Agrobiologia, utilizando o procedimento operacional para análise de tecido foliar descrito por Silva (2009).

Os valores de variação da massa em relação à massa inicial da leira foram calculados por meio da quantidade de massa seca presente na leira de composto após 120 dias, comparado com a quantidade de massa seca presente no início da compostagem (0 dias). A massa seca da leira de composto foi calculada em função da sua massa úmida e do teor de matéria seca, determinado com base em três amostras/repetições. As perdas de volume foram calculadas da mesma forma. As perdas do conteúdo de N foram calculadas considerando os valores de massa da leira de composto e do teor deste nutriente.

As frações químicas das substâncias húmicas foram obtidas pelo fracionamento químico da MOS com base no método Kononova-Belchikova (NaOH 0,01 mol L⁻¹ + Na₄P₂O₇

0,01 mol L⁻¹), descrito por Kononova (1982), com três repetições por amostra composta coletada em cada tratamento. A primeira extração foi realizada pela adição de 50 mL de H₃PO₄ 2,0 mol L⁻¹ em 10 g da amostra. Após agitar por 30 minutos, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm, e o sobrenadante foi filtrado para separação da fração de restos vegetais livres. Este processo foi repetido duas vezes para cada amostra. O sobrenadante límpido constitui a fração ácido fúlvico livre (AFL).

O precipitado obtido da extração com H₃PO₄ 2,0 mol L⁻¹ foi lavado com água destilada, sendo a seguir adicionados 50 ml de solução alcalina (NaOH 0,01 mol L⁻¹ + Na₄P₂O₇ 0,01 mol L⁻¹). Após repouso de uma noite, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm por 30 minutos. O precipitado obtido por este procedimento constitui a fração húmica (H). Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante alcalino foi separado para determinação do teor de C na fração ácido húmico + ácido fúlvico (AHAF). Outros 25 ml da solução alcalina teve o pH ajustado para 1,0 pela adição de ácido sulfúrico PA, deixada em geladeira por uma noite para decantar e após este período centrifugada por 10 minutos a 4.500 rpm. O precipitado foi redissolvido em 50 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹ e teve seu conteúdo de C determinado (fração ácido húmico, AH). Devido à natureza do procedimento de extração, a fração AHAF pode ser também denominada de extrato alcalino (EA).

Ao final da compostagem, o material foi passado em um desintegrador de martelo para diminuir os pedaços de colmos de braquiária ainda inteiros. Logo após, o composto obtido teve sua granulometria determinada a partir do peneiramento de amostras em peneiras de arame, 4,8 mm (tamanho médio), obtendo-se a proporção de material recuperado. Após o período de compostagem o composto foi seco, armazenado em sacos de rafia e guardado em local seco para uso nas atividades 2 e 3 (produção de mudas e produção de hortaliças respectivamente).

A análise estatística foi realizada por meio da aplicação inicial de teste de normalidade, sendo que os dados considerados não normais sofreram transformação de Log(x). Em seguida, foi realizada a análise de variância do esquema parcela subdividida, com tratamento na parcela e tempo de compostagem na subparcela, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, sendo apresentados os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores. As características avaliadas ao longo do processo de compostagem foram apresentadas por meio de gráficos contendo os valores médios e o erro padrão. Os valores observados no final do processo foram apresentados por meio de tabela, sendo comparados por meio do teste de Scott-Knott.

3.2 Avaliação dos Compostos Obtidos na Produção de Mudanças de Olerícolas.

3.2.1 Caracterização dos substratos

Foi realizada uma detalhada caracterização dos substratos utilizados, avaliando-se pH, CE, emissões de CO₂ e de NH₃, teor total de C, teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, e características físicas como densidade e porosidade. Novas análises foram realizadas nos compostos orgânicos obtidos na etapa anterior, porque o seu peneiramento gerou substratos com características diferentes das observadas nos compostos iniciais, pois a fração que passa pela peneira geralmente apresenta características físicas (densidade, porosidade, estabilidade torrão) e químicas (pH, CE, nutrientes) diferentes da fração mais grossa, que fica retida pela peneira.

A análise de pH foi realizada em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica foi determinada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH. As emissões de CO₂ e de NH₃ foram quantificadas conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2014), modificada, alterando-se a temperatura de incubação para 30° C, ao invés dos 25° C do método original.

Os teores totais de C e de N foram determinados por meio de analisador elementar. Os teores totais de Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por SILVA et al. (2009). Os teores disponíveis de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meios de extração. Para Ca e Mg utilizou-se solução extratora de KCl 1,0 M e para K e P utilizou-se solução extratora Mehlich 1, conforme descrito por SILVA et al. (2009). A extração do N foi realizada por meio de solução de KCl 1,0 M e a digestão foi realizada com adição de Liga de Devarda, conforme metodologia descrita por Liao (1981). Os valores dos teores totais e disponíveis dos nutrientes foram apresentados com base no volume, pois se trata de substratos. Os teores totais, que são calculados com base na massa da amostra, foram convertidos para unidade baseada no volume (mg L^{-1}), utilizando-se os valores de densidade aparente. A proporção da fração disponível dos nutrientes (em %) foi calculada dividindo-se o teor disponível pelo teor total do nutriente, e multiplicando-se este resultado por 100.

A densidade aparente e a densidade de partícula dos substratos foram calculadas a partir de amostras com volume de 100 ml. Os valores de porosidade total, microporosidade e macroporosidade foram calculados pelo método da mesa de tensão, utilizando anéis metálicos de 100 ml e tensão de 60 cm, conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

Por tratar-se apenas de caracterização, sem a realização de comparações, não foram realizadas análises estatísticas nos dados obtidos.

3.2.2 Avaliação da produção de mudas

Foi avaliado o desenvolvimento de mudas de hortaliças produzidas com substratos obtidos a partir da compostagem de *Braquiaria brizantha* + gliricídia (T1) e esta combinação mais cinza e pó de granito (T2 e T3, respectivamente), comparadas com mudas desenvolvidas em substrato tradicionalmente utilizado no sistema de produção orgânico (testemunha), compondo os seguintes tratamentos:

- Substrato 1: Composto: *Braquiaria* + Gliricídia.
- Substrato 2: Composto: *Braquiaria* + Gliricídia + Cinza.
- Substrato 3: Composto: *Braquiaria* + Gliricídia + Pó de granito.
- Substrato 4: Composto: Comercial (Biomix®).

Foram realizados três experimentos, cada um avaliando as seguintes espécies indicadoras: alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar “Maravilha de Inverno”, beterraba (*Beta vulgaris* L.) cultivar “Top Early Wonder” e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar “Perinha”. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com 200 células, abrigadas em casa de vegetação. As bandejas foram trocadas de lugar duas vezes por semana para reduzir as influências locais.

As avaliações foram realizadas em 10 plântulas por parcela. As características avaliadas foram: altura da parte aérea, número de folhas, produção de massa fresca da parte aérea, volume de raízes e estabilidade do torrão. Como altura da muda, foi considerada a distância entre o colo da planta e a gema apical, mensurada com auxílio de uma régua milimetrada. Para a determinação da massa fresca da parte aérea, as mudas foram retiradas das células e seccionadas na região do colo da muda, separando a parte aérea das raízes. Para se determinar o volume das raízes, o sistema radicular foi lavado em água corrente, retirando-se qualquer resíduo de substrato eventualmente aderido, e em seguida, inserido em uma proveta de 10 ml, sendo o volume das raízes mesurado por meio do deslocamento da água contida nesta proveta.

A estabilidade dos torrões foi avaliada com base em quatro mudas por parcela. Foram atribuídas notas de 1 a 4 de acordo com a permanência do torrão no recipiente, sendo que a

nota 1 corresponde ao substrato que apresentar a mais baixa estabilidade e a nota 4 aquele de melhor estabilidade, conforme descrito a seguir:

- Nota 1: Baixa estabilidade, acima de 50% do torrão fica retido no recipiente, e o torrão não permanece coeso.
- Nota 2: Entre 10% e 30% do torrão fica retido no recipiente, sendo que o torrão não permanece coeso.
- Nota 3: O torrão se destaca do recipiente, porém não permanece coeso.
- Nota 4: Todo o torrão é destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

A análise estatística foi realizada por meio da aplicação inicial de teste de normalidade, e os dados considerados não normais sofreram transformação de $\text{Log}(x)$. A análise de variância foi realizada em delineamento blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela constituída por meia bandeja. Quando o efeito dos tratamentos foi significativo ($p \leq 0,05$) foi realizado o teste de médias de Scott-Knott.

3.2.3 Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos

A variação do pH e da CE dos substratos ao longo do desenvolvimento das mudas foram avaliados por meio de amostragens realizadas aos 0, 14, 21 e 28 dias após a semeadura. Em cada amostragem, foram coletadas quatro células, totalizando 50 ml de substrato para cada tratamento e para cada espécie de hortaliça avaliada. As amostras foram armazenadas em freezer para posterior análise. As análises de pH e de CE foram realizadas conforme procedimento descrito anteriormente.

Não foi possível fazer estas análises com repetições, porque a realização das amostragens resulta na destruição das mudas. Portanto, não foi possível realizar análises estatísticas, e os resultados não foram utilizados para realização de comparações. Eles foram utilizados somente para observação de tendências.

3.3 Avaliação dos Compostos Obtidos na Produção de Olerícolas

Foram realizados experimentos de produção de alface e de beterraba, conduzidos em sistema orgânico de produção. Estes experimentos foram iniciados em 10 de setembro de 2016 quando se realizou o transplântio das mudas de alface e de beterraba, sendo que a alface foi colhida e avaliada no dia 16 de outubro de 2016, perfazendo 37 dias, e a beterraba foi colhida em 21 de novembro de 2016, perfazendo 73 dias.

Três meses antes do início dos experimentos foi realizada a análise de fertilidade do solo das áreas experimentais, cujo resultado está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da análise de fertilidade do solo utilizado nos experimentos de produção de alface e de beterraba.

	pH	Al	Ca	Mg	P	K	N	C
		----- cmolc dm ⁻³ -----			----- mg L ⁻¹ -----		----- g kg ⁻¹ -----	
Solo	6,91	0,0	3,42	1,09	29,18	151,58	0,781	9,48

Os compostos Braquiária + Gliricídia, Braquiária + Gliricídia + Cinza e Braquiária + Gliricídia + Pó de granito foram utilizados como adubo de base. Como referências, foram utilizados uma testemunha absoluta, sem qualquer adubação, e também o esterco bovino, sendo este o fertilizante tradicionalmente utilizado na região. A análise de características

químicas do esterco bovino apresentou os seguintes teores, em g kg^{-1} : C = 188,71; N = 13,91 (relação C:N = 13,56); Ca = 6,19; Mg = 3,09; P = 2,59; K = 3,64.

Foram avaliados os seguintes tratamentos:

- T1 adubação de plantio com composto Braquiária + Gliricídia;
- T2 adubação de plantio com composto Braquiária + Gliricídia + Cinza;
- T3 adubação de plantio com composto Braquiária + Gliricídia + Pó de granito.
- T4 adubação de plantio com esterco bovino curtido
- T5 testemunha absoluta;

A análise estatística foi realizada por meio da aplicação inicial de teste de normalidade, e os dados considerados não normais sofreram transformação de $\text{Log}(x)$. A análise de variância foi realizada em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições.

3.3.1 Experimento com alface

Foi utilizado alface cultivar “Maravilha de Inverno”, cultivado em canteiros com 1,20 m de largura. Cada parcela foi constituída por 16 plantas, distribuídas por quatro linhas e espaçadas de 0,25 m entre plantas. Para avaliação, foram utilizadas oito plantas das linhas centrais.

Neste experimento, foi fixada a quantidade de massa seca dos fertilizantes orgânicos em 10 Mg ha^{-1} para cada tratamento, exceto na testemunha absoluta, sendo realizada uma única aplicação antes do transplantio das mudas, com distribuição a lanço e leve incorporação na superfície do canteiro de maneira uniforme.

Foram avaliadas as seguintes características: diâmetro das plantas, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea.

3.3.2 Experimento com beterraba

Foi utilizada a cultivar “Top Early Wonder”, cultivada em canteiros de 1,20 m de largura. Cada parcela foi constituída por 32 plantas, distribuídas por quatro linhas transversais ao canteiro e espaçadas de 0,25 m entre si. Para as avaliações, foram utilizadas oito plantas das linhas centrais.

Neste experimento, foi fixada a quantidade de massa seca dos fertilizantes orgânicos em 10 Mg ha^{-1} para cada tratamento, exceto na testemunha absoluta, em única aplicação, distribuída a lanço e incorporada antes do transplantio das mudas, como descrito anteriormente para cultura da alface.

As características avaliadas foram: produção de massa fresca da parte aérea, produção de massa fresca da raiz e diâmetro da raiz.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação do Processo de Compostagem

Conforme os resultados da análise de variância contidos na Tabela 4, houve efeito significativo dos tratamentos para quase todas as variáveis avaliadas, com exceção de temperatura e CE. O tempo de compostagem influenciou significativamente todas as variáveis avaliadas e houve efeito significativo da interação tratamento x tempo para a maioria das variáveis avaliadas, com exceção da densidade dos compostos.

Tabela 4. Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo de compostagem na subparcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das subparcelas.

	Nível de significância			CV%	
	Tratamento	Tempo	Interação	Parc.	Sub-Parc.
Temperatura	<0,095 ns	<0,001 **	0,007 **	9,69	5,17
pH	0,003 **	<0,001 **	<0,001 **	3,72	3,82
Condutividade elétrica ¹	0,120 ns	<0,001 **	0,001 **	1,95	1,98
Densidade ¹	<0,001 **	<0,001 **	0,072 ns	3,45	2,76
Teor de N ¹	<0,001 **	0,022 *	<0,001 **	5,17	4,61
Emissão de CO ₂ ¹	<0,001 **	<0,001 **	0,006 **	2,16	3,05
Emissão de NH ₃	0,042 *	<0,001 **	0,015 *	40,80	61,48

1-Dados transformados para Log (x); **: significativo ao nível de 1,0%; *: significativo ao nível de 5,0%; ns: não significativo.

Na Figura 2 verifica-se que os valores da temperatura dos compostos durante os 120 dias foram superiores ao da temperatura ambiente, fato característico do processo de compostagem. Não foram observadas diferença marcantes de temperatura entre os tratamentos, mas observou-se um decréscimo gradual em todos os tratamentos, sendo que ao final da compostagem as temperaturas médias estavam próxima à temperatura ambiente, com valores entre 23,6 e 24,3 °C.

Os resultados diferem ao obtido por Abreu et al. (2011), que verificaram decréscimo na temperatura entre a primeira e a segunda semana do processo de compostagem, com reaquecimento posterior.

De acordo com o manual de compostagem (BRASIL, 2010) um parâmetro essencial no processo de compostagem é a temperatura, pois ela é um indicativo da maturidade do composto. Essa obra menciona que no processo de bioestabilização (aos 60 e 90 dias), as temperaturas se encontram na faixa de 30 e 45°C, e na fase de humificação (aos 90 e 120 dias) essas temperaturas atingem entre 20 e 35°C. Baseado nesses parâmetros, a reduzida temperatura observada aos 120 dias é um indicativo de que os três compostos estavam prontos para serem utilizados.

A temperatura das leiras dos três tratamentos atingiram valores que podem ser incluídos na faixa de temperatura denominada termolífica (40 e 70°C), e foram semelhantes

aos resultados encontrados por Damatto Junior et al. (2011), que consideram esta faixa como a ideal para o início da fase de bioestabilização e cura de compostos.

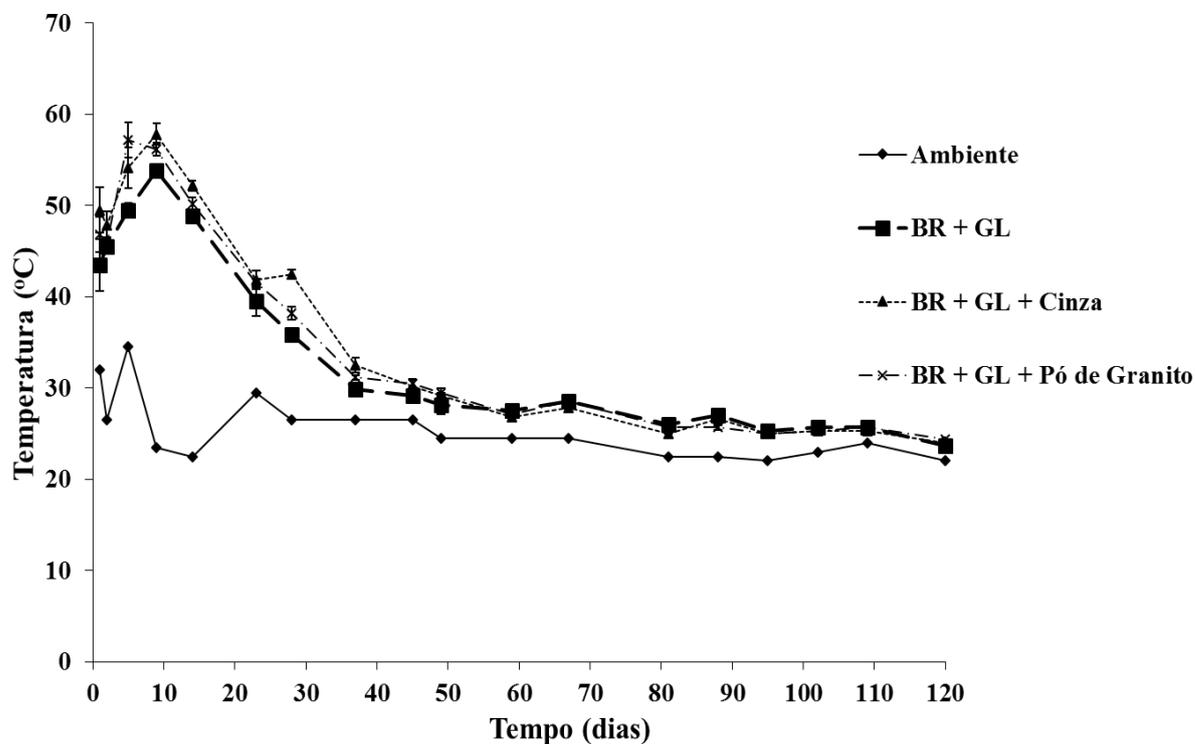


Figura 2. Temperaturas observadas durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições \pm erro padrão).

Conforme Orrico Junior et al. (2012) temperaturas elevadas, acima de 55°C, no processo de compostagem, são desejáveis podendo ser de alguma maneira utilizadas como parâmetro para a avaliação da eficiência do processo, visto que apontam para a ocorrência de grande atividade degradativa do material orgânico utilizado e higienização do mês. Segundo USEPA (1996) é importante que se mantenha a temperatura dentro da pilha em no mínimo 55°C durante três dias, visando a queda da quantidade de microrganismos patogênicos.

Observa-se na Figura 3 que no início do processo, o composto formado por braquiária + gliricídia + cinza apresentou pH igual a 8,5, superior aos demais tratamentos. Mas a partir dos 14 dias os valores foram muito semelhantes, entre 8,4 e 8,1 até os 120 dias de compostagem. Segundo Leal et al. (2011) os valores elevados de pH observados em compostos ricos em N normalmente têm relação estreita com a biotransformação do N da forma proteica para a forma amoniacal. No início do processo de compostagem o N se encontra, predominantemente, na forma amoniacal e tem como efeito a elevação do pH. Mas, com a estabilização do composto, ocorre a nitrificação, onde o amônio é transformado em nitrato, promovendo a redução do pH. Mas essas variações não foram observadas nos tratamentos avaliados.

Heck et al. (2013) analisaram a qualidade microbiológica do composto constituído de resíduos orgânicos domésticos, lodo de esgoto e material oriundo de podas de árvores, e detectaram altos valores de pH durante a fase termofílica do processo, atribuindo esse fato à baixa relação C:N do lodo de esgoto, considerando as concentrações elevadas de compostos

nitrogenados neste material e a sua fácil degradação por microrganismos e, como resultante, a formação de amônia levando ao aumento do pH do composto produzido.

O tratamento com adição de cinza apresentou maiores valores de condutividade elétrica (CE) aos 14 dias e 30 dias, havendo uma queda aos 60 e 90 dias chegando ao final do processo com valor de $1189 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Figura 4).

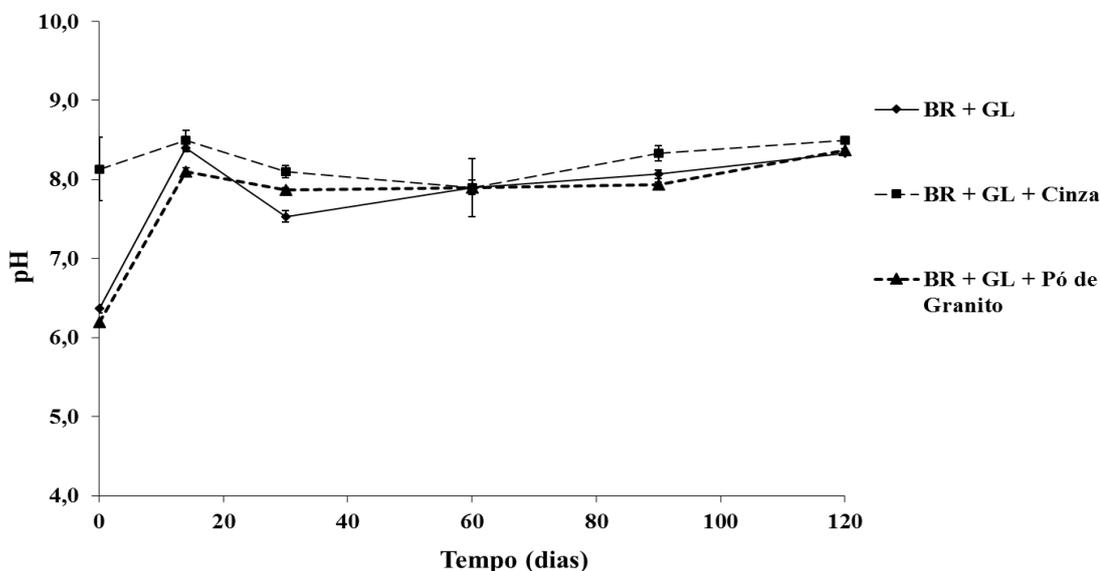


Figura 3. Valores de pH observados durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições \pm erro padrão).

Por sua vez, o composto de braquiária + gliricídia + pó de granito apresentou o menor valor de CE entre os três compostos com exceção até próximo aos 90 dias quando chegou em torno de $1.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, sendo o tratamento que apresentou queda nos níveis dessa variável até os 120 dias. O composto de braquiária + gliricídia teve o seu pico de CE aos 60 dias contabilizando $1493 \mu\text{S cm}^{-1}$ com queda considerável aos 90 dias ($885 \mu\text{S cm}^{-1}$) e um novo aumento a partir desse ponto até os 120 dias quando atingiu $1238 \mu\text{S cm}^{-1}$.

O composto formado por braquiária + gliricídia + cinza alcançou seu pico aos 14 dias conferindo $1411 \mu\text{S cm}^{-1}$, e a partir de então foi decrescendo até que aos 60 dias, quando houve uma queda abrupta até aos 90 dias quando atingiu $734 \mu\text{S cm}^{-1}$. Esse tratamento, após os 90 dias, apresentou um aumento da CE, que se estendeu até os 120 dias quando estava com $1189 \mu\text{S cm}^{-1}$, se igualando estatisticamente à média conferida pelo composto de braquiária + gliricídia ($1238 \mu\text{S cm}^{-1}$).

De acordo com Brito et al. (2014), a CE do composto tem importância significativa para se saber a viabilidade do seu uso, pois materiais com altas concentrações de sais podem causar problemas de fitotoxicidade. Benites et al. (2004) verificaram uma elevação da CE após a fase termolítica, relacionando esta resposta à mineralização de sais proporcionado pela degradação do material orgânico.

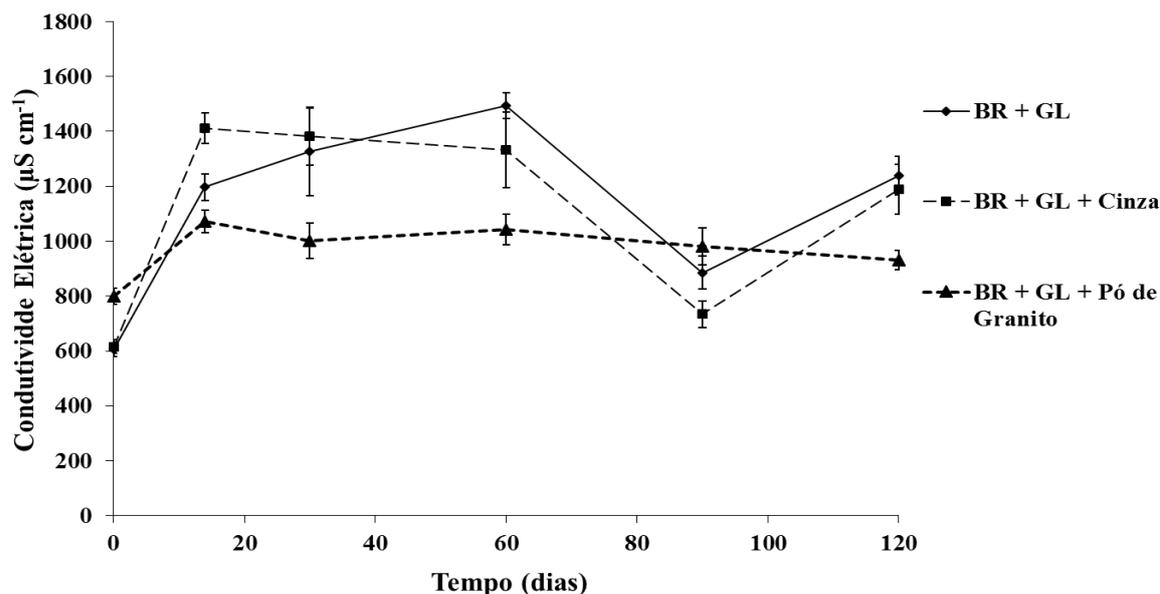


Figura 4. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições \pm erro padrão).

Conforme se observa na Figura 5 o composto de braquiária + gliricídia + pó de granito sempre apresentou maior densidade atingindo o seu pico aos 120 dias quando estava com 282 kg m^{-3} . O pó de granito é caracteristicamente um material muito denso e pouco degradável. Isso ajudaria a explicar esse resultado. Os compostos formados por braquiária + gliricídia + cinza e braquiária + gliricídia apresentaram densidades semelhantes aos 90 dias, quando foram mensurados os valores de 120 e 114 kg m^{-3} , respectivamente.

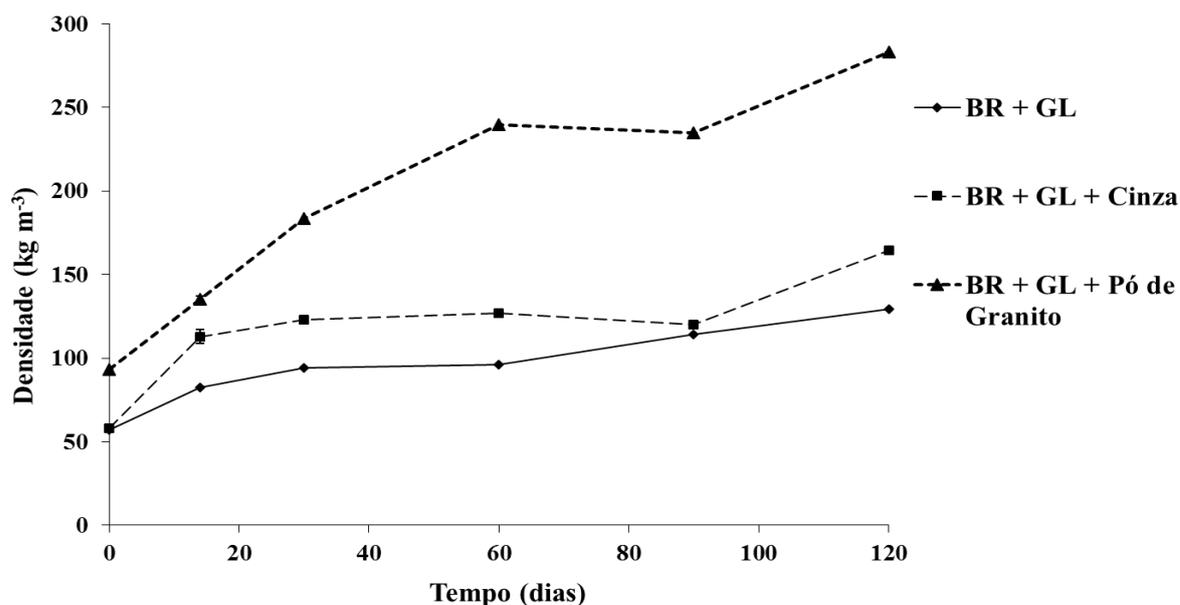


Figura 5. Valores de densidade (base seca) observados durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições \pm erro padrão).

Leal et al. (2011) relataram que o aumento da densidade se deve a ação da macrofauna fragmentadora e ao incremento do processo de polimerização e humificação de substâncias orgânicas presentes no composto. Existe na literatura uma gama de trabalhos que relacionam a presença dos compostos húmicos e o seu nível de polimerização à maturidade de um composto orgânico (SILVA et al., 2009).

Conforme apresentado na Figura 6, o composto formulado somente com a mistura de braquiária + gliricídia foi o que sempre apresentou maiores teores de N. Este resultado está de acordo com o esperado, pois tanto a cinza quanto o pó de rocha não adicionam N à mistura. O composto formulado com adição de pó de rocha apresentou menores teores de N do que o composto com adição de cinza devido à maior proporção do pó de rocha na mistura.

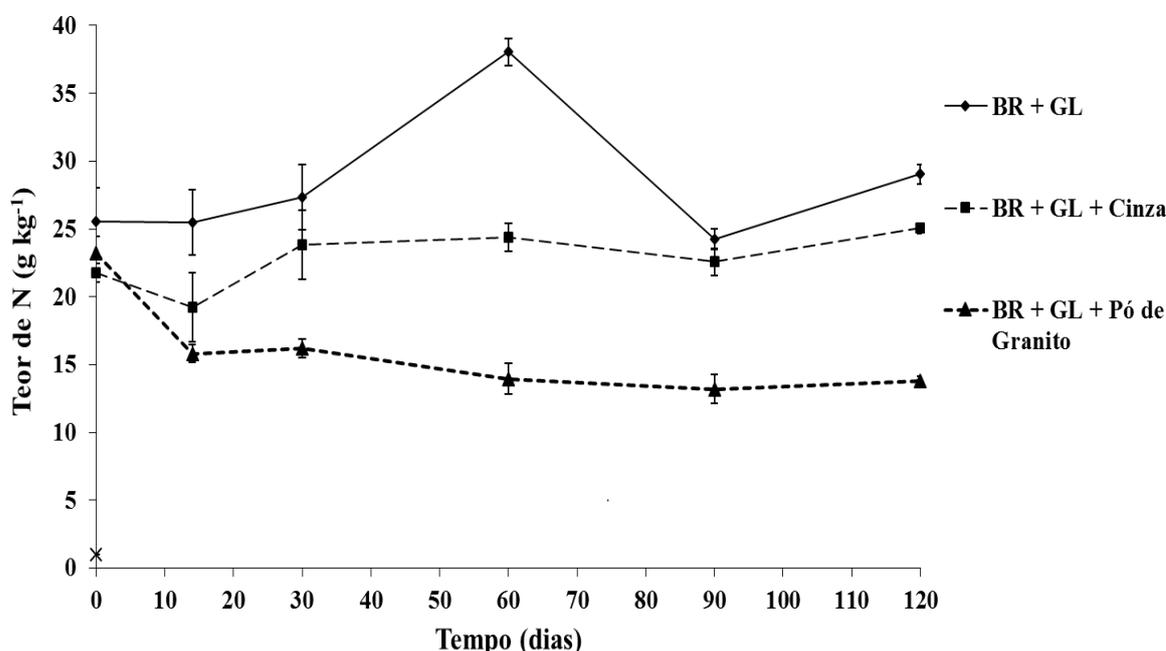


Figura 6. Teores de N observados durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições \pm erro padrão).

Melo et al. (2008) verificaram teores de N total próximo a 11 mg g^{-1} em esterco bovino. Por sua vez, Valente et al. (2011) detectaram queda nos teores de N durante o processo de compostagem, como consequência da volatilização de N na forma de amônia e o uso desse elemento para a nutrição de microrganismos decompositores.

Observa-se na Figura 7 que houve decréscimo nas emissões de CO_2 durante o período de compostagem para todos os compostos utilizados, atingindo ao final dos 120 dias, valor médio de $4,38 \text{ mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS dia}^{-1}$, o que revela o processo de estabilização dos compostos. Bernal et al. (2009), consideram instáveis materiais com emissão de CO_2 superiores a $4,0 \text{ mg}$ por grama de matéria seca por dia.

Os compostos com adição de material mineral apresentaram menores valores de emissões de CO_2 , pois continham menor quantidade de material orgânico a ser decomposto pelos microrganismos.

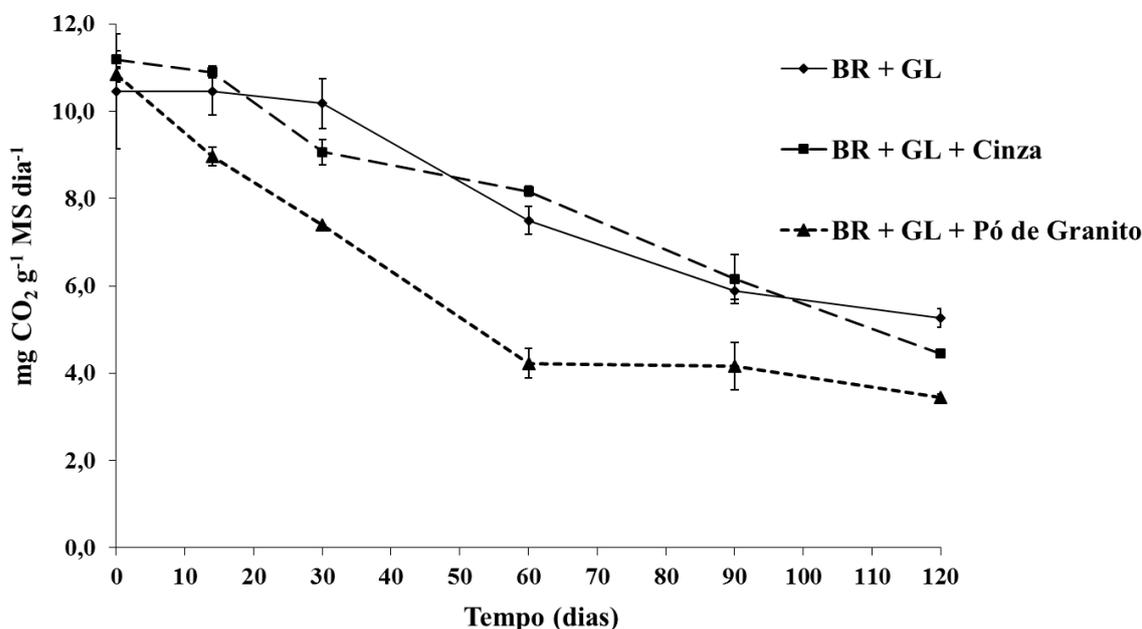


Figura 7. Emissões de CO₂ observadas durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições ± erro padrão).

Segundo Oliveira et al. (2014), a emissão de CO₂ tem relação direta com o aquecimento e consumo de O₂ inerentes ao processo de compostagem. Jahnelt et al. (1999) reportaram a ocorrência de maior quantidade de produtos fáceis de serem decompostos pelos microrganismos nos primeiros dias do processo, e com isso, uma alta liberação de energia na forma de calor e emissão de CO₂. Os autores relatam que na fase mesófila outras substâncias presentes no meio, como a celulose e a hemicelulose, são decompostas por fungos reduzindo com isso a relação C:N da matéria orgânica e a emissão de CO₂. Fortes et al. (2012) observaram a redução da emissão de CO₂ a partir de 30 dias após o início do processo de compostagem.

Foi observado na Figura 8 que até os 14 dias do início do processo houve um acréscimo considerável na emissão de NH₃ pelos tratamentos, onde o composto de braquiária + gliricídia atingiu 0,1580 mg g⁻¹ de MS dia⁻¹, o composto de braquiária + gliricídia + pó de granito 0,136 mg g⁻¹ de MS dia⁻¹ e o composto de braquiária + gliricídia + cinza 0,0939 mg g⁻¹ de MS dia. Em contrapartida, a partir desse ponto, houve queda dos valores dessa variável para os três compostos sendo que aos 60 dias verificou-se uma queda mais acentuada para o composto de braquiária + gliricídia quando foi mensurado 0,009 mg g⁻¹ de MS dia⁻¹.

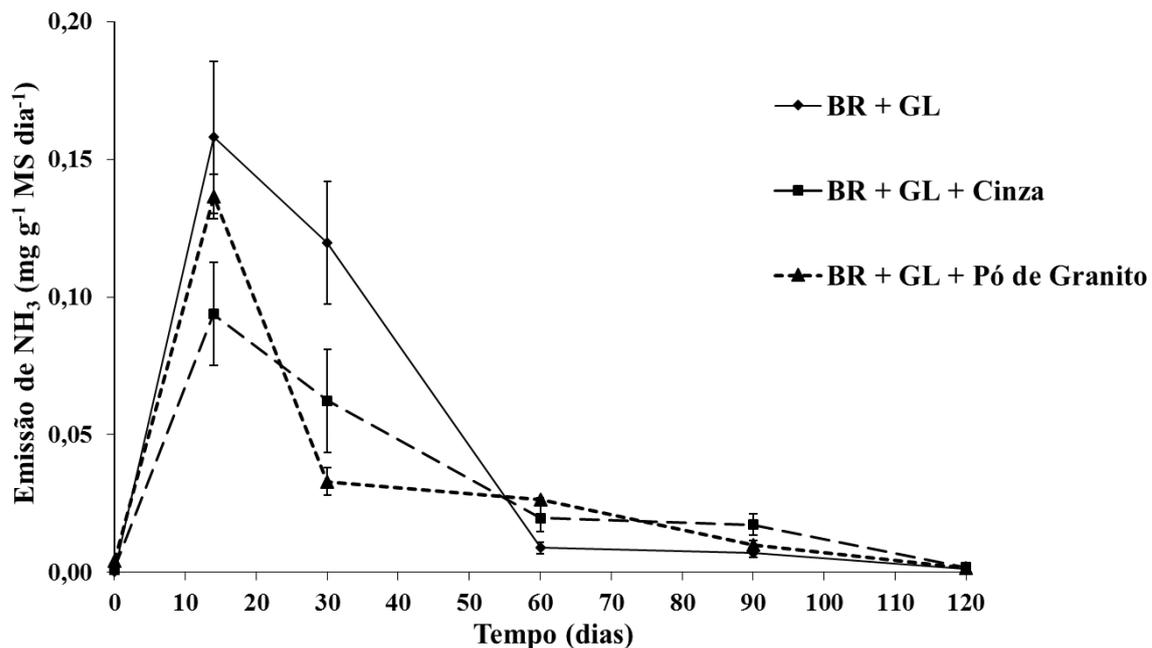


Figura 8. Emissões de NH_3 observadas durante a compostagem da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito). (Média de três repetições \pm erro padrão).

Aos 30 dias o composto de braquiária + gliricídia + cinza emitiu maior quantidade de NH_3 em comparação com o composto formado por braquiária + gliricídia + pó de granito, mas ambos apresentaram valores inferiores aos $0,1198 \text{ mg g}^{-1}$ de MS dia^{-1} , mensurado para o composto de braquiária + gliricídia. Aos 90 dias todos os compostos emitiram teores semelhantes de NH_3 se tornando praticamente nula ao final de 120 dia, sendo este um indicativo da estabilização dos materiais.

Em um experimento visando obter uma metodologia para a determinação da emissão de NH_3 em compostagem feita a partir de esterco suíno, Lourenço et al. (2011) notaram uma relação direta entre a quantidade de revolvimento da leira e a quantidade de emissão de NH_3 . Giacomini et al. (2014) concluíram, em um trabalho com compostagem feita com resíduos suínos, que a perda de NH_3 pelo processo de volatilização corresponde um mecanismo significativo de perda de N no decorrer do processo de compostagem.

Na análise das propriedades dos compostos, de acordo com a Tabela 5, não houve diferença significativa em relação ao pH entre os mesmos, assim como na relação C:N. Conforme Kiehl (1985), a relação C:N dos resíduos orgânicos influi no desempenho dos microrganismos participantes no processo de compostagem, visto que a decomposição dos detritos está diretamente ligada com essa variável, ou seja, quanto maior a relação C:N de um material, mais difícil a sua decomposição pelos microrganismos envolvidos. Barros et al. (2013) utilizando um composto formado por 50% de braquiária e 50% de gliricídia, obtiveram um produto final com baixa relação C:N. Ribeiro et al. (2011) detectaram aumento no teor de C orgânico conforme aumento da quantidade de gliricídia em um composto formado por este material e capim elefante. Como possível efeito foi observado aumento de substâncias de maior estabilidade, como substâncias húmicas.

Tabela 5. Características avaliadas ao final do processo de compostagem (120 dias) da mistura de braquiária com gliricídia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito).

CARACTERÍSTICAS	BR+GL	BR+GL+Cinza	BR+GL+Pó de Granito
pH	8,3 a	8,5 a	8,4 a
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1238,0 a	1189,0 a	931,7 b
Densidade (kg m^{-3})	129,4 c	164,3 b	282,9 a
Teor de N (g kg^{-1})	29,0 a	25,1 a	13,8 b
Teor de C (g kg^{-1} CV= 4,44 %)	362,1 a	323,1 b	172,1 c
Relação C:N (CV= 4,15 %)	12,5 a	12,9 a	12,5 a
Teor de Ca (g kg^{-1} CV= 8,28 %)	21,3 b	56,6 a	15,9 c
Teor de Mg (g kg^{-1} CV= 5,48 %)	9,1 b	13,7 a	6,1 c
Teor de P (g kg^{-1} CV= 5,64 %)	4,4 b	6,7 a	2,4 c
Teor de K (g kg^{-1} CV= 7,39 %)	22,5 a	16,7 b	11,5 c
Proporção da massa inicial (%)	37,9	34,2	56,9
Proporção do volume inicial (%)	16,4	12,5	22,1
Proporção do N inicial (%)	43,0	39,4	63,3

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

No que se refere à análise da quantidade de macronutrientes dos compostos, maiores teores de N foram observados no composto de braquiária + gliricídia e no composto de braquiária + gliricídia + cinza, que contabilizaram 29,0 e 25,1 g kg^{-1} , respectivamente, sendo que o primeiro composto foi responsável por apresentar maior teor de C (362,1 g kg^{-1}) e de K (22,5 g kg^{-1}). Esses resultados para o composto puro podem ser explicados pelos conteúdos de nutrientes nas matérias-primas utilizadas, principalmente devido ao aporte de N fornecido pela gliricídia. No composto de braquiária + gliricídia + cinza foram observadas maiores teores de Ca (56,6 g kg^{-1}), Mg (13,7 g kg^{-1}) e P (6,7 g kg^{-1}). Em contrapartida, o tratamento braquiária + gliricídia + pó de granito foi aquele que foi mensurado os menores teores de macronutrientes. O composto puro, ao final dos 120 dias, apresentou valores intermediários em relação aos teores de Ca, Mg e P, assim como o composto de braquiária + gliricídia + cinza para os teores de C e K.

Em um experimento, utilizando compostos orgânicos formados de proporções crescentes de gliricídia em capim elefante (*Pennisetum purpureum* S.), Ribeiro et al. (2011) não verificaram diferença significativa entre os tratamentos para o conteúdo de P, K, Ca e Mg. Dutra e Menezes (2010) demonstraram que um composto formado por gliricídia, poda de mangueira, esterco bovino apresentou maiores concentrações totais de N, P, K, Ca e Mg ao final de 90 dias. Lima et al. (2009) relataram que os teores de nutrientes presentes nos compostos orgânicos dependem do material utilizado e do tipo de enriquecimento empregado no processo de compostagem.

Os resultados de proporção de substâncias húmicas em relação ao conteúdo de C estão apresentados na Tabela 6, e os teores significativamente superiores de ácidos fúlvicos e de ácidos fúlvicos + ácidos húmicos observados no tratamento com adição de pó de granito são forte indicativo de que a adição deste material proporcionou maior humificação da matéria orgânica presente no composto. Este resultado está de acordo com Pronk et al. (2013), pois segundo estes autores, os minerais podem desempenhar um papel importante na estabilização da matéria orgânica do solo, especialmente dos compostos que contêm nitrogênio. De acordo com Baldock & Skjemstad (2000), a estabilização de materiais orgânicos pela matriz do solo é determinada pela natureza química da fração mineral do solo, pela presença de cations multivalentes e de superfícies minerais capazes de adsorver materiais orgânicos, e pela arquitetura da matriz do solo.

Tabela 6. Proporção de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e de substância húmicas (AF+AH) em relação ao conteúdo de C, no final do processo de compostagem (120 dias) da mistura de braquiária com glicíndia (BR + GL) pura e com adição de cinza (BR + GL + Cinza) ou pó de granito (BR + GL + Pó de Granito).

	AH	AF	AF+AH
	----- g kg ⁻¹ de C -----		
Composto BR + GL	19,98 a	58,39 b	78,37 b
Composto BR + GL + Cinza	24,15 a	62,59 b	86,74 b
Composto BR + GL + Pó de Granito	34,46 a	117,93 a	152,39 a
CV%	37,85	27,65	27,34

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os resultados obtidos na avaliação da compostagem indicam que é possível obter compostos orgânicos com elevada estabilidade e elevados teores de nutrientes a partir da mistura de braquiária com glicíndia. A adição de cinza ou de pó de granito reduz os teores de C, N e K dos compostos obtidos. Mas a adição de pó de granito aumenta a humificação da matéria orgânica e a adição de cinza aumenta os teores de Ca, Mg e P do composto. Além disto, há o indicativo de que a adição de material mineral proporciona menores perdas de N ao longo da compostagem. Assim, há vantagens em se adicionar material mineral antes do processo de compostagem e não depois do composto estabilizado.

4.2 Avaliação da Produção de Mudanças de Hortaliças

4.2.1 Caracterização dos substratos

Verifica-se na Tabela 7 que pH dos substratos a base de compostos apresentaram valores levemente alcalinos, com exceção do substrato comercial, cujo valor foi levemente ácido. Fernandes et al. (2009) consideram como ideal a faixa de pH entre 6,6 e 7,6. Mas, de um certo modo, os valores conferidos pelos tratamentos braquiária + glicíndia e braquiária + glicíndia + cinza estão dentro da faixa considerada ideal para o crescimento e desenvolvimento pleno de grande parte das plantas cultivadas em recipientes que, conforme Steffen et al. (2010), se encontra entre 6,6 e 7,6. Todavia, o composto braquiária + glicíndia + pó de granito e o substrato comercial apresentaram valores de pH ligeiramente abaixo e acima do ideal, respectivamente.

Tabela 7. Valores de pH, condutividade elétrica (CE), teores totais de C e de N, e relação C/N observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.

	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	C ----- g kg^{-1} -----	N	C/N
Comp. BR + GL	7,49	2540	306,2	30,6	10,0
Comp. BR + GL + Cinza	7,67	2700	260,8	25,9	10,1
Comp. BR + GL + Pó de Granito	7,79	2129	134,2	12,9	10,4
Substrato comercial	6,08	230	253,0	6,5	38,8

Todos os compostos apresentaram valor alto de condutividade elétrica (CE) ficando muito acima do valor considerado ideal para substratos orgânicos que é abaixo de $1.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ de acordo com Toledo et al. (2013). Por sua vez, o substrato comercial apresentou valor de CE bem abaixo do recomendado ($230 \mu\text{S cm}^{-1}$).

Em seu trabalho Pereira et al. (2012) encontraram um valor de $1551,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ de condutividade elétrica (CE) em um composto orgânico, entre outros tratamentos, na produção de mudas de almeirão.

A relação C:N dos três compostos testados foram semelhantes, ficando com valores próximos de 10 g kg^{-1} , enquanto que o substrato comercial apresentou valor de $38,8 \text{ g kg}^{-1}$. Este valor elevado de relação C:N, provavelmente, é devido ao carvão presente na formulação do Biomix[®]. O carvão tem elevado teor de C, mas este C é pouco reativo. Por isto, esta relação C:N elevada não promove imobilização de N.

Os teores totais de N, Ca, Mg, P e K encontrados nos compostos à base de braquiária e gliricídia foram considerados superiores àqueles detectados para o substrato comercial (Tabela 8).

Tabela 8. Teores totais de N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.

	N	Ca	Mg ----- mg L^{-1} -----	P	K
Comp. BR + GL	12176,3	9194,3	3750,8	1656,9	7716,2
Comp. BR + GL + Cinza	11852,2	30293,0	7331,8	1633,9	8375,3
Comp. BR + GL + Pó de Ganito	8759,1	11142,4	4345,6	1514,2	7428,3
Substrato comercial	3372,6	3716,8	1118,2	517,7	1081,9

O mesmo foi observado em relação aos teores disponíveis desses macronutrientes (Tabela 9). Porém, na análise dos teores disponíveis desses elementos, o composto braquiária + gliricídia apresentou maior percentual de N prontamente disponível para as plantas conferindo 12,6% nessa variável. Por sua vez, o composto formado por braquiária + gliricídia + cinza se destacou dos demais na disponibilidade de P (87,2%) e 100% de K (Tabela 10).

Tabela 9. Teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.

	N ¹	Ca ¹	Mg ¹	P ²	K ²
	----- mg L ⁻¹ -----				
Comp. BR + GL	1536,1	2324,0	2006,0	1290,8	8197,4
Comp. BR + GL + Cinza	1279,3	2288,0	2133,5	1236,6	7267,6
Comp. BR + GL + Pó de Granito	506,5	1830,0	1054,6	851,9	4073,2
Substrato comercial	190,4	1972,0	455,6	148,1	616,8

1-Extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; 2- Extrator Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹).

Tabela 10. Proporção (%) dos teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K em relação aos teores totais, dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- % -----				
Comp. BR + GL	12,6	25,3	53,5	77,9	100,0
Comp. BR + GL + Cinza	10,8	7,6	29,1	75,7	86,8
Comp. BR + GL + Pó de Granito	5,8	16,4	24,3	56,3	54,8
Substrato comercial	5,6	53,1	40,7	28,6	57,0

O substrato de Composto de BR + GL apresentou maiores proporções disponíveis de N, Mg, P e K quando comparado aos demais substratos, atingindo 12,6%, 53,5%, 77,9 % e 100,0% desses nutrientes, respectivamente. O substrato comercial apresentou o maior percentual de disponibilidade apenas de Ca com 53,1%.

Quanto à densidade dos substratos, o composto braquiária + gliricídia + pó de granito mostrou maior densidade aparente e densidade da partícula em relação aos outros substratos (Tabela 11).

No que se refere à porosidade total, os substratos utilizados apresentaram valores acima de 74%. Entretanto, os compostos braquiária + gliricídia, braquiária + gliricídia + cinza e o substrato comercial se encontraram com o percentual de macroporos considerado ideal para a produção de mudas de espécies florestais, ou seja, acima de 20% de acordo com o recomendado por Gonçalves e Poggiani (1996).

A adição de pó de granito ao composto braquiária + gliricídia resultou em um produto orgânico com baixa proporção de macroporos (12,9%) e elevada proporção de microporos (61,7%), o que pode proporcionar elevada retenção de água, mas reduzida oxigenação das raízes.

Tabela 11. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de hortaliças.

	Densidade		Porosidade		
	Aparente	Partícula	Total	Micro	Macro
	----- g dm ⁻³ -----		----- % -----		
Comp. BR + GL	183,4	1447,1	87,3	47,7	39,5
Comp. BR + GL + Cinza	215,9	1667,3	86,9	49,8	37,1
Comp. BR + GL + Pó de Granito	537,7	2116,9	74,6	61,7	12,9
Substrato comercial	390,6	1613,8	75,8	46,9	28,9

4.2.2 Produção de mudas

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 12, verifica-se que os compostos proporcionaram produções de folhas em mudas de alface significativamente superiores ao obtido pelo substrato comercial. Todos os substratos a base de composto dobraram o índice de enfolhamento desta hortaliça em relação ao substrato comercial.

A utilização de composto com adição de cinza e pó de granito na mistura das palhadas promoveu um incremento considerável no tamanho das mudas de alface, mas inferior ao substrato a base do composto apenas com braquiária e gliricídia. Este tratamento foi responsável por promover maior produção de massa fresca de parte aérea, quadruplicando essa característica em relação ao substrato comercial.

Todos os compostos tiveram desempenho semelhante em relação ao volume de raiz, e se mostraram significativamente superiores em comparação ao substrato comercial. Os tratamentos braquiária + gliricídia e braquiária + gliricídia + pó de granito apresentaram as maiores estabilidades dos torrões nas mudas.

Tabela 12. Número de folhas, altura, massa fresca da parte aérea, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de alface produzidas com diferentes substratos.

	Número de folhas	Altura ¹ ----- cm -----	Massa fresca parte aérea mg por planta	Volume da raiz ---- ml ----	Estabilidade do torrão
Comp. BR+GL	9,3 a	9,9 a	1360,0 a	4,0 a	3,8 a
Comp. BR+GL+ Cinza	8,7 a	8,2 b	743,0 b	3,5 a	1,9 b
Comp. BR+GL+ Pó de Granito	8,7 a	7,9 b	419,3 c	4,8 a	3,1 a
Substrato comercial	4,0 b	1,4 c	332,8 c	0,1 b	1,0 b
CV %	4,98	4,29	31,30	26,03	30,61

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. 1- Dados transformados em Log(x).

Souza et al. (2013) trabalhando com produção de mudas de alface cultivar “Babá de verão”, obtiveram resultados semelhantes na variável altura de mudas. As respostas em termos do número de folhas foram similares ao encontrado no presente experimento.

Com exceção da estabilidade do torrão, os substratos a base de compostos promoveram um incremento significativo nas outras características avaliadas na mudas de beterraba (Tabela 13).

Tabela 13. Número de folhas, altura, massa fresca da parte aérea, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de beterraba produzidas com diferentes substratos.

	Número de folhas	Altura ----- cm -----	Massa fresca parte aérea mg por planta	Volume da raiz ---- ml ----	Estabilidade do torrão
Comp. BR+GL	5,3 a	13,7 a	1535,0 a	3,3 c	1,2 a
Comp. BR+GL+ Cinza	5,5 a	12,3 b	1376,3 a	4,3 b	1,0 a
Comp. BR+GL+ Pó de Granito	5,3 a	10,9 c	1124,8 b	5,5 a	1,3 a
Substrato comercial	2,0 b	3,4 d	359,0 c	0,6 d	1,0 a
CV %	6,92	8,01	14,97	15,50	24,98

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Em relação ao número de folhas nas mudas de beterraba, todos os compostos demonstraram performance semelhantes e foram responsáveis pelo maiores valores observados. Mudas mais altas foram observadas com o uso dos três compostos, entretanto melhor resposta foi observada no tratamento braquiária + gliricídia, que se destacou entre estes com altura média de 13,7 cm. Trabalhando com diferentes concentrações de compostos orgânicos, Costa et al. (2014) obtiveram mudas de beterraba medindo 11,3 cm de altura em média, quando cultivadas em um substrato de composição totalmente orgânica.

Os tratamentos composto braquiária + gliricídia e composto com adição de cinza em braquiária + gliricídia proporcionaram produção de biomassa na parte aérea das mudas de beterraba semelhantes entre si, e superiores aos demais tratamentos. Um maior volume de raiz foi detectado na mistura braquiária + gliricídia + pó de granito. As estabilidades dos torrões das mudas de beterraba foram estatisticamente iguais, independente do tratamento utilizado.

Spiassi et al. (2009) obtiveram maior número de folhas em mudas de beterraba desenvolvidas em substrato totalmente orgânico, aos 28 dias após a semeadura.

Verifica-se na Tabela 14 que os compostos braquiária + gliricídia e braquiária + gliricídia + cinza produziram mudas de tomate com maior número de folhas.

O composto braquiária + gliricídia promoveu maior altura de mudas em comparação com os outros tratamentos. Este tratamento também foi responsável por maior incremento de massa fresca na parte aérea e maior volume de raiz. Leal et al. (2009), visando a produção de mudas de tomate utilizando diferentes tipos de enriquecimento de composto orgânico, obtiveram altura de mudas com altura de 9,17 cm, além de 4,37 em média referente ao número de folhas produzidas, quando utilizaram um composto puro de capim Napier enriquecido em torta de mamona. Andreani Junior et al. (2011) obtiveram as mesmas respostas em altura utilizando compostos de resíduos de horta em mudas de tomate.

Quanto à estabilidade do torrão, foi verificado melhor desempenho nas mudas produzidas nos compostos do que no substrato comercial.

Tabela 14. Número de folhas, altura, massa fresca da parte aérea, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de tomate produzidas com diferentes substratos.

	Número de folhas	Altura ----- cm -----	Massa fresca parte aérea mg por planta	Volume da raiz ---- ml ----	Estabilidade do torrão
Comp. BR+GL	7,0 a	9,7 a	1558,3 a	3,8 a	3,3 a
Comp. BR+GL+ Cinza	5,7 a	6,2 b	1124,3 b	2,8 b	3,3 a
Comp. BR+GL+ Pó de Granito	3,1 b	2,2 c	1294,3 b	0,9 c	2,6 a
Substrato comercial	3,2 b	2,7 c	346,7 c	0,4 c	1,7 b
CV %	19,75	24,58	13,17	31,68	18,18

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.2.3 Variação de pH e CE dos substratos

Verificou-se no experimento semelhança na variação de pH nos três compostos testados (Figuras 9, 10 e 11). Valores maiores de pH durante o cultivo das hortaliças foram encontrados nos compostos orgânicos, em relação ao substrato comercial Biomix[®]. Isso provavelmente se deve aos elevados valores iniciais de pH desses substratos.

Observou-se grande elevação do pH ao longo do desenvolvimento das mudas em todos os tratamentos. Uma hipótese que foi levantada para explicar esse comportamento é que a água utilizada para irrigação poderia apresentar elevada alcalinidade, mas a análise de pH revelou valores entre 7,4 e 7,6, que apesar de elevado, provavelmente não contribuiu para os valores acima de 8,0 observados nos substratos a base de composto.

Nas mudas de alface houve acréscimo nos valores de pH de todos os substratos. Todavia, a partir do 14^o dia, foi observado um declínio desses valores para os compostos de braquiária + gliricídia + pó de granito e o composto de braquiária + gliricídia. Essa queda ocorreu com o composto de braquiária + gliricídia + cinza e o substrato comercial aos 21 dias até o final do ciclo de produção de mudas de alface. Esse último tratamento nesse mesmo momento alcançou 9,3 de pH, sendo o maior valor encontrado entre todos, e para esse tratamento e o substrato comercial, a partir desse mesmo ponto, ocorreu decréscimo nos valores dessa característica, quando foram anotados os valores de 8,4 e 7,2, respectivamente aos 28 dias. Essa queda do pH provavelmente se deve ao efeito de acidificação do meio devido à liberação de H⁺ durante o processo de absorção de cátions.

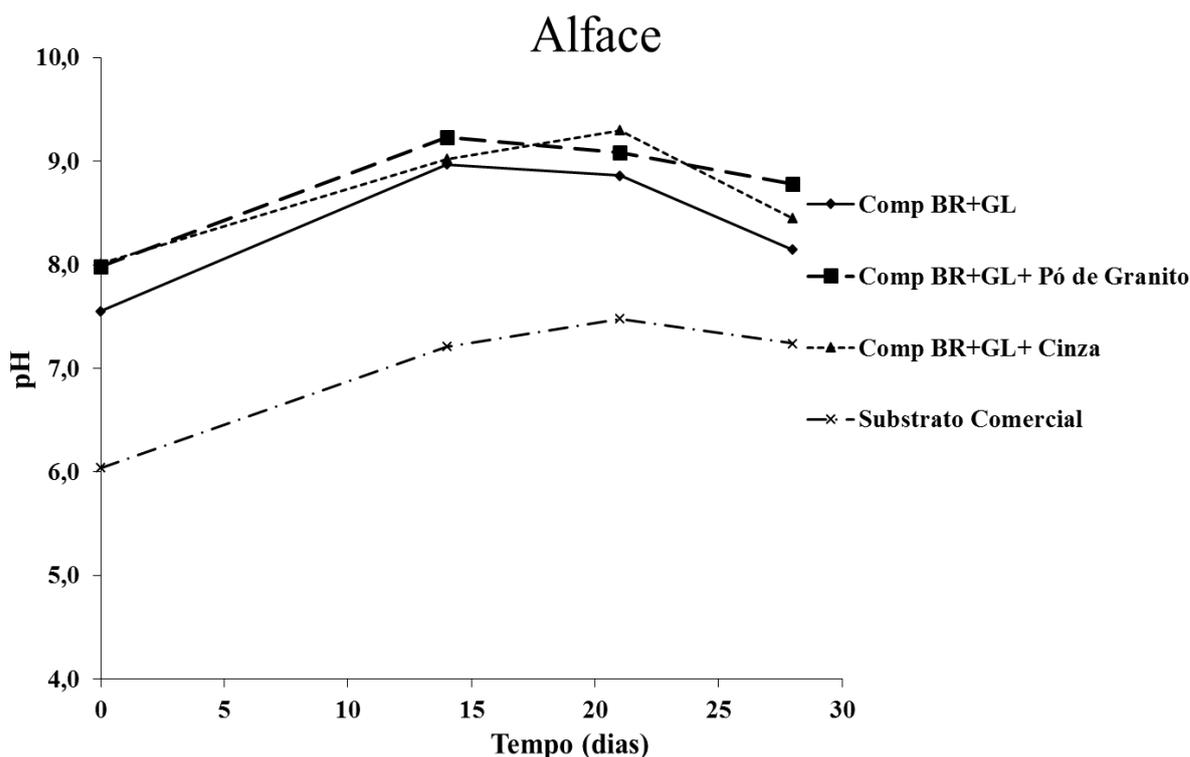


Figura 9. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.

Em relação às mudas de beterraba (Figura 10), também houve acréscimo do pH em todos os tratamentos até os 21 dias, quando os tratamentos atingiram seus valores máximos nessa variável. Nessa avaliação, os compostos formados com braquiária + gliricídia + pó de granito, braquiária + gliricídia + cinza e o composto puro se assemelharam no valor de suas médias contabilizando 9,2, 9,1 e 8,9 de pH, respectivamente. Já o substrato comercial alcançou um valor de pH bem abaixo dos demais tratamentos, com média de 7,4. Desse dia até a última avaliação ocorreu queda nos valores dessa variável.

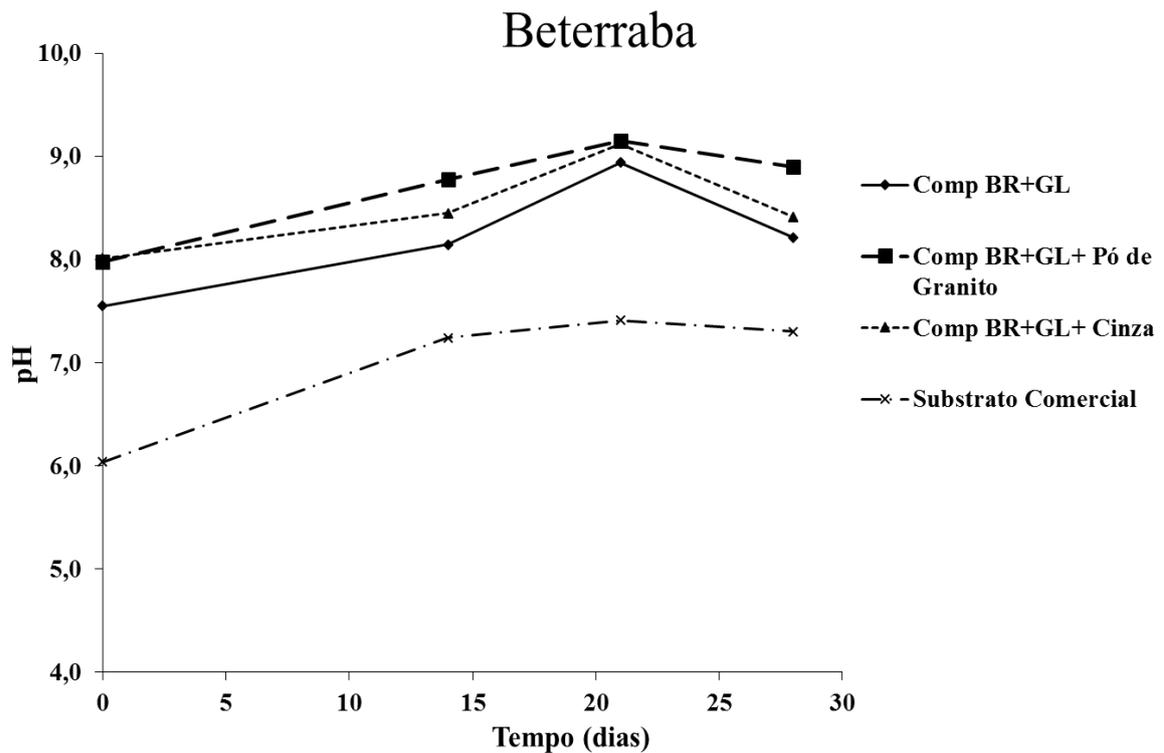


Figura 10. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.

Nas mudas de tomate (Figura 11), o composto formado por braquiária + glicíndia + pó de granito foi o que alcançou os maiores acréscimos no valor de pH até o final dessa etapa, quando foi mensurado o valor de 9,4. No 14º dia de avaliação os tratamentos encontravam-se com pH em torno de 9,0, e aos 21 dias foi registrado o valor máximo para essa característica para o composto de braquiária + glicíndia + pó de granito e o composto de braquiária + glicíndia + cinza que atingiram 9,2 e 9,1 respectivamente.

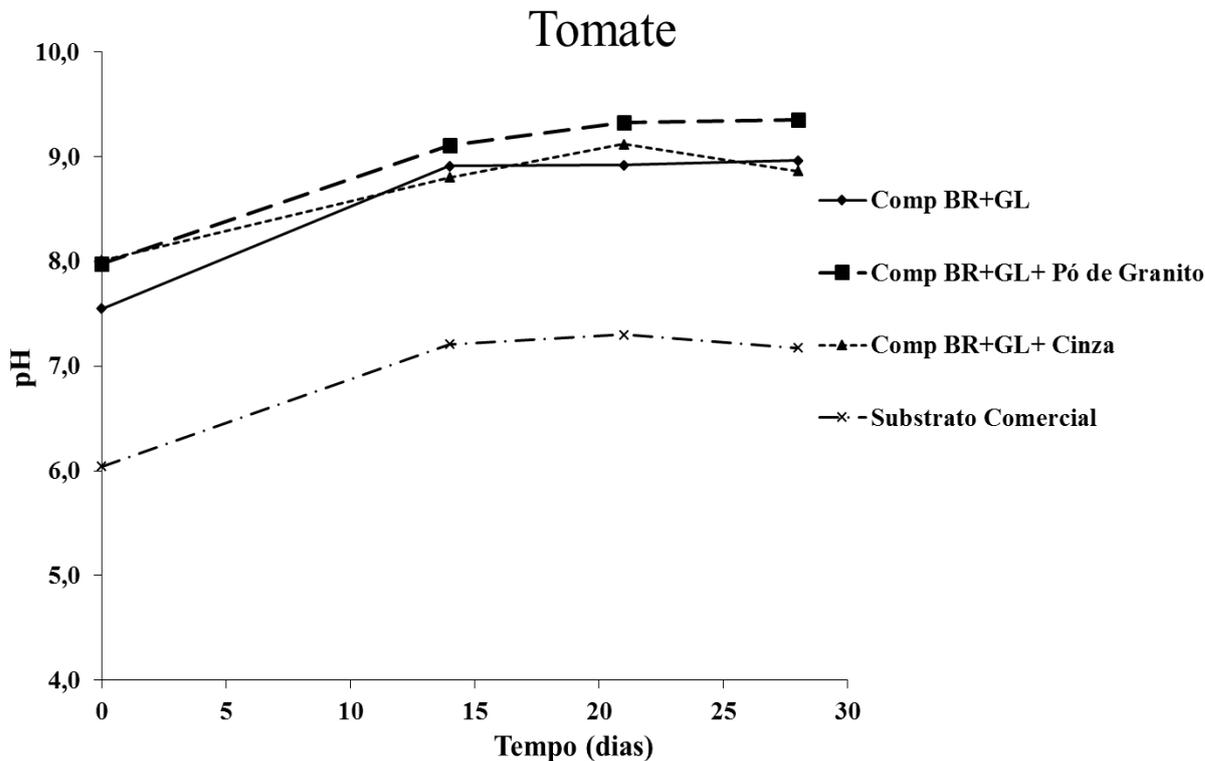


Figura 11. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.

Após um aumento inicial, aos 21 dias o composto de braquiária + gliricídia + cinza e o substrato comercial tiveram um ligeiro declínio nessa característica até os 28 dias quando as mudas de tomate se encontravam prontas para o plantio. O pH do composto puro praticamente se manteve estável a partir do 14º dia, ficando em torno de 9,0.

Em relação à condutividade elétrica (CE), foi verificada uma queda abrupta nos valores desta variável dos compostos orgânicos testados, principalmente até o 14º dia da etapa de produção das mudas de hortaliças (Figuras 12, 13 e 14). Entretanto, estes tratamentos mantiveram durante todo o ciclo valores superiores de CE em comparação com o substrato comercial, que manteve praticamente estável o valor de CE para as três culturas neste período.

Para a produção de mudas de alface (Figura 12) as médias para a CE dos três tratamentos à base de braquiária + gliricídia se mantiveram muito próximas aos 14 e 28 dias após a semeadura atingindo 465 e 372 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente. Houve entre esse período um aumento na CE do composto de braquiária + gliricídia aos 21 dias, quando foi medido 626 $\mu\text{S cm}^{-1}$ em média, voltando a decrescer desse ponto até a última avaliação chegando a 411 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Alface

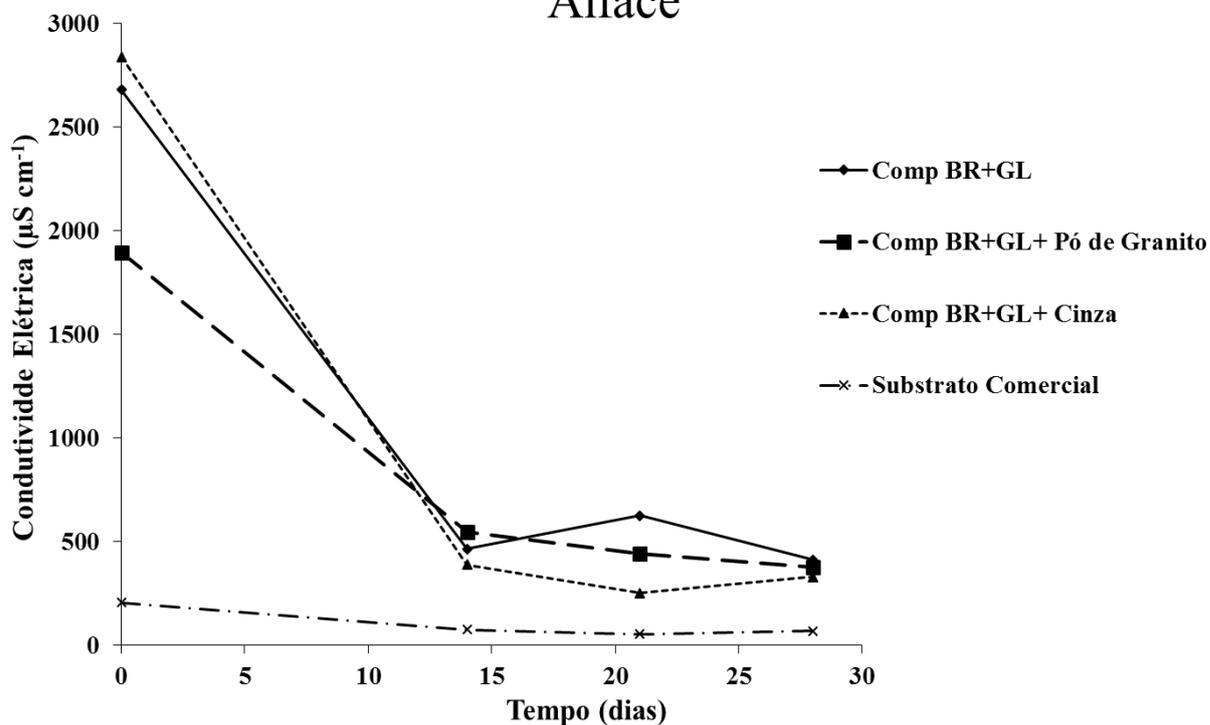


Figura 12. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.

De acordo com a Figura 13, os substratos à base de composto orgânico atingiram níveis de CE semelhantes aos 21 dias após a semeadura de beterraba, ficando com média de $340 \mu\text{S cm}^{-1}$ com pequeno aumento até o final das avaliações quando foi mensurado $391 \mu\text{S cm}^{-1}$.

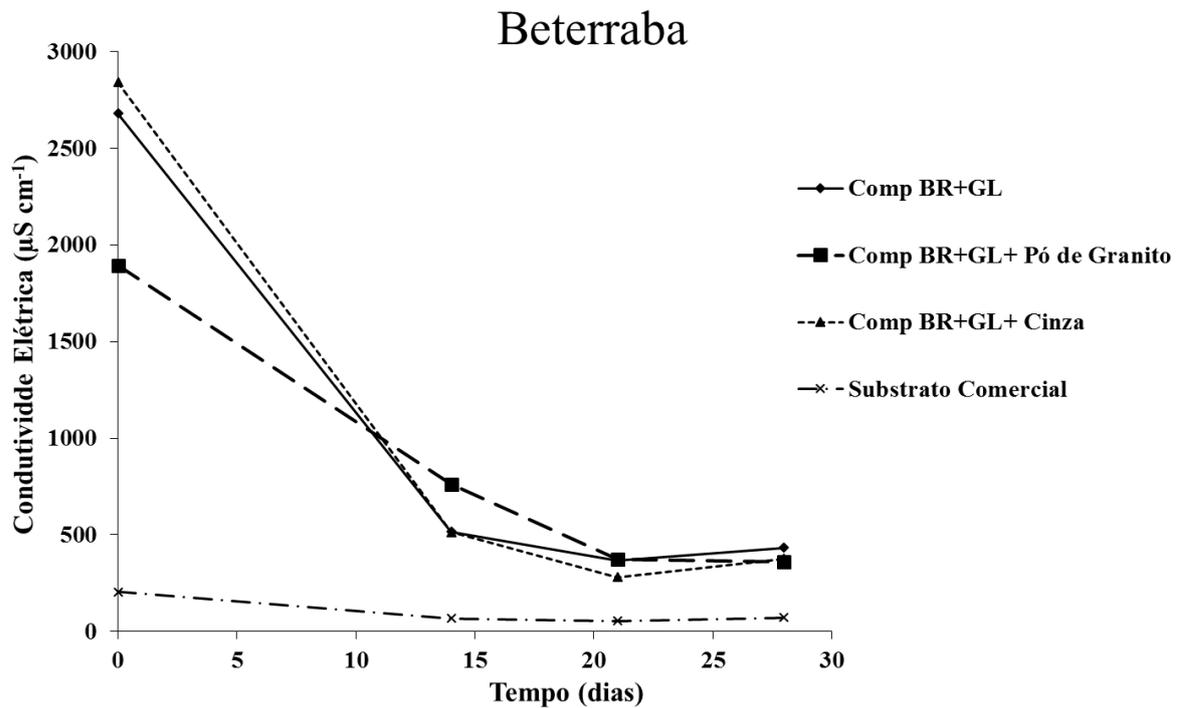


Figura 13. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.

Conforme a Figura 14, os compostos orgânicos produzidos na primeira etapa do trabalho mantiveram a CE nos mesmos níveis do 14º dia em diante, conferindo um valor médio de $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ aos 28 dias. Entre a avaliação realizada aos 21 dias e o final da etapa de produção de mudas de tomate, foi detectado um leve aumento no valor de CE para o tratamento com composto de braquiária + gliricídia, que alcançou aos 28 dias $534 \mu\text{S cm}^{-1}$.

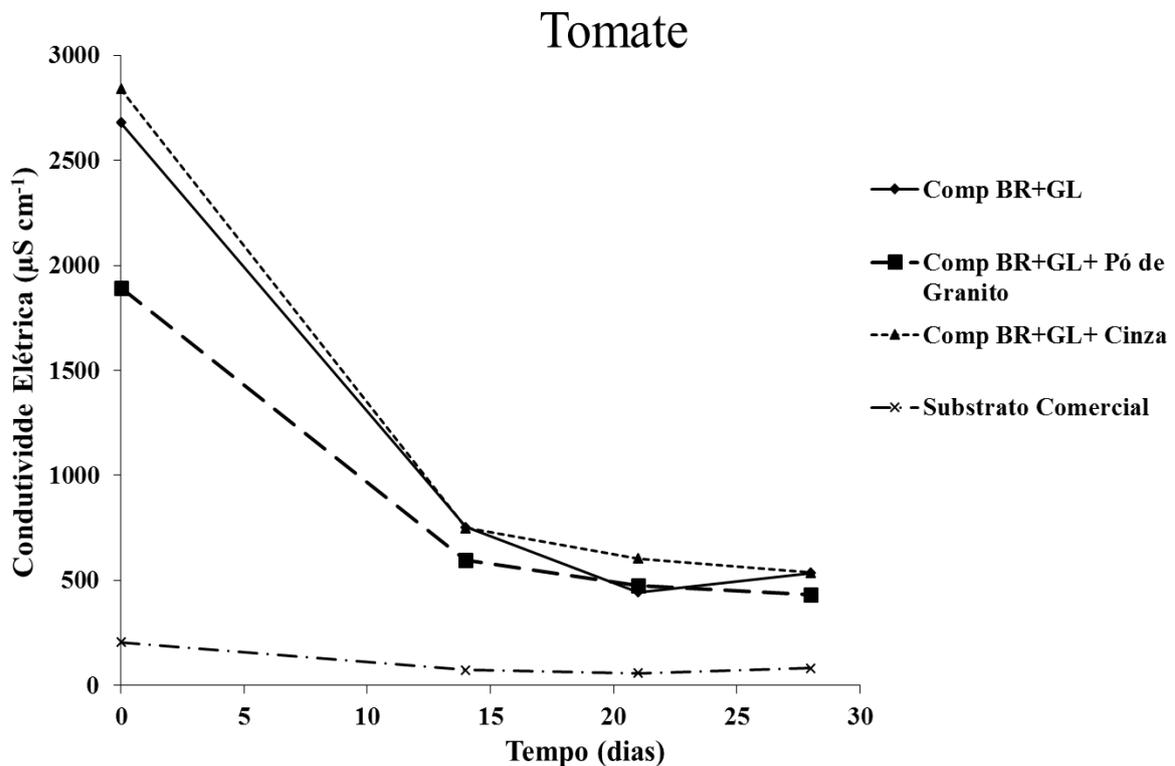


Figura 14. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.

Os resultados obtidos no experimento de mudas demonstram que os substratos formulados a base de composto da mistura de palhada de braquiária e gliricídia com e sem adição de cinza e pó de granito são superiores ao substrato comercial e podem ser utilizados para a produção de mudas de hortaliças. Porém, o substrato formulado com composto da mistura de palhada de braquiária e gliricídia pura apresentou os melhores índices de desenvolvimento de mudas e estabilidade de torrão.

4.3 Experimentos de Produção de Alface e Beterraba

4.3.1 Alface

Todos os tratamentos testados nesse experimento proporcionaram medidas significativamente semelhantes em termos de diâmetro da cabeça, número de folhas e produção de massa fresca em alface (Tabela 15). Estes resultados podem ser explicados pela elevada fertilidade encontrada na área experimental, por ser uma área de horta frequentemente adubada. Mas a ausência de efeitos significativos também pode ser explicada pela baixa dosagem da adubação orgânica aplicada, e pela cultura da alface apresentar ciclo muito curto, não havendo tempo suficiente para a mineralização da maior parte dos nutrientes presentes nos fertilizantes orgânicos aplicados.

Rodrigues et al. (2009), testando diferentes materiais orgânicos, obtiveram valor médio de diâmetro da cabeça de alface igual a 32,3 cm em plantas adubadas com Bokashi. Freitas et al. (2009), utilizando composto orgânico, conseguiram em média 13,1 folhas de alface por cabeça.

Tabela 15. Diâmetro da cabeça, número de folhas e massa fresca de parte aérea de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.

Tratamentos	Diâmetro ----- cm -----	Número de Folhas	Massa Fresca --- g planta ⁻¹ ---
Composto BR + GL	34,2 a	42,9 a	165,6 a
Composto BR + GL + Cinza	33,6 a	42,1 a	164,3 a
Composto BR + GL + Pó de Granito	36,0 a	44,8 a	195,0 a
Esterco	33,5 a	42,7 a	153,2 a
Testemunha absoluta	31,8 a	41,4 a	134,4 a
CV (%)	8,08	6,46	19,84

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Em relação à produção de massa fresca, Abreu et al. (2010) obtiveram 350,4 g por planta de biomassa em média em alface cultivar “Vera”. Oliveira et al. (2009) conseguiram 157 g por planta de massa fresca utilizando como adubo verde mucuna roçada e incorporada ao solo, e 166,7 g por planta de massa fresca como resultado do uso de mucuna roçada e não incorporada ao canteiro.

4.3.2 Beterraba

Semelhante aos resultados encontrados no experimento com alface, na cultura da beterraba também não houve diferença significativa entre os tratamentos para massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e diâmetro da raiz (Tabela 16). Essa resposta pode ser atribuída à elevada fertilidade da área experimental, e também à baixa dosagem de fertilizantes. Além disso, as semelhanças no desempenho dos tratamentos podem ser explicadas pelo fato de parte do N presente em adubos de origem orgânica tem mineralização lenta, o que pode disponibilizar de forma tardia este mineral para as plantas conforme relatado por Smith e Hadley (1989).

Leal et al. (2009) obtiveram melhores resultados na produção de beterraba, em termos do número de folhas, utilizando compostos de crotalária como adubo. Em um experimento com beterraba, Costa et al. (2014) obtiveram 175,2 g de massa fresca de raiz por planta utilizando como adubo um composto puro.

Tabela 16. Massa fresca de parte aérea, massa fresca da raiz e diâmetro da raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.

	Massa fresca da parte aérea	Massa fresca da raiz	Diâmetro da Raiz
	----- g planta ⁻¹ -----		--- cm ---
Composto BR + GL	69,3 a	176,8 a	6,51 a
Composto BR + GL + Cinza	62,1 a	156,9 a	6,26 a
Composto BR + GL + Pó de Granito	54,1 a	144,6 a	5,93 a
Esterco	46,4 a	131,3 a	5,76 a
Testemunha absoluta	63,3 a	122,6 a	5,62 a
CV (%)	34,87	24,66	9,10

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

5- CONCLUSÕES

- A mistura de braquiária com gliricídia, após 120 dias de compostagem, proporciona a produção de compostos orgânicos estáveis, com valor médio de emissão de CO₂ de 4,38 mg g⁻¹ MS dia⁻¹.
- A adição de cinza ou de pó de granito a mistura de braquiária com gliricídia reduz os teores de C, N e K dos compostos obtidos, devido ao menor teor de C, N e K apresentado por esses materiais, principalmente em relação à gliricídia, mas a adição de cinza aumenta os teores de Ca, Mg e P do composto.
- A adição de pó de granito à mistura de braquiária com gliricídia deve ser realizada no início da compostagem, pois observou-se que esse material aumenta a humificação da matéria orgânica.
- Os substratos obtidos de compostos produzidos com a adição de cinza ou pó de granito na mistura de braquiária e gliricídia não proporcionaram uma melhora no desenvolvimento das mudas de hortaliças em relação ao composto puro, formulado somente com braquiária e gliricídia.
- Os substratos formulados com compostos orgânicos da mistura de braquiária com gliricídia proporcionaram maior desenvolvimento das mudas de alface, beterraba e tomate que o substrato comercial.
- Os compostos orgânicos obtidos com base na mistura de braquiária e gliricídia não proporcionaram efeitos significativamente superiores ao esterco bovino e à testemunha sem adubação quando utilizados como fertilizantes orgânicos para a produção de alface e beterraba cultivadas em sistema orgânico. Mas essa resposta pode ser devida à elevada fertilidade encontrada na área experimental e ao fato dessas culturas apresentarem ciclos muito curtos, não havendo tempo suficiente para a mineralização da maior parte dos nutrientes presentes nos fertilizante orgânicos aplicados.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, Campinas, 30(Supl.1): 108-118, 2010.
- ABREU, P. G.; DE-PAIVA, D. P.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; CESTONARO, T. Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frangos de corte, **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-57, 2011.
- ANDREANI JUNIOR, R.; ANDREANI, D. I. K.; LUISONI, E. A.; SILVA, E. G.; GIMENEZ, J. I. Diferentes compostos orgânicos como substratos para produção de mudas de tomate, **Pesquisa em Foco**, v. 19, n.1, p. 42-52, 2011.
- BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, v. 31, n. 7-8, p. 697-710, 2000.
- BARRETO, A. C. e FERNANDES, F. M. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, out. 2001.
- BARROS, V. D. C.; LIRA JUNIOR, M. A.; GRACIANO, E. S. A.; FARIAS, M. J. D. C.; LIMA, G. A. H.; QUEIROZ, R. O.; PINO, M. M.; FEITOSA, M. I. O. Decomposição e disponibilização de nitrogênio em pastagem de braquiária consorciada com leguminosa arbórea forrageira. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 3, 2013, Londrina, PR / Instituto Agrônomo do Paraná, **Resumos...Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Núcleo Estadual do Paraná. – Londrina: IAPAR, 2013. 570 p.
- BEZERRA, Maria Débora Loiola. Cinza vegetal como corretivo e fertilizante no cultivo de capim-marundu em solos do cerrado Mato-Grossense, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, Dissertação de Mestrado, 63 p., 2013.
- BRASIL. Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no âmbito de consórcios públicos, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília – DF, 75 p., 2010
- BENITES, V. M.; BEZERRA, F. B.; MOUTA, R. O.; ASSIS, I. R.; SANTOS, R. C.; CONCEIÇÃO, M.; ANDRADE, A. G. Produção de adubos orgânicos a partir da compostagem dos resíduos da manutenção da área gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 50, 21 p., 2004.
- BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, n. 100, p.5444-5453, 2009.
- BRITO, L. M.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Compostagem de biomassa de acácia com casca de pinheiro, **Revista de Ciências Agrárias**, 37(1): p. 59-68, 2014.

CARVALHO, André Mundstock Xavier de. Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. Universidade Federal de Viçosa. Tese de Doutorado, 116 p. 2012.

COSTA, C.A. **Crescimento e teores de sódio e de metais pesados na alface e na cenoura adubadas com composto orgânico de lixo urbano.** 1994. 89 p. (Tese mestrado), UFV, Viçosa.

COSTA, L. A. M.; PEREIRA, D. C.; COSTA, M. S. S. M. Substratos alternativos para produção de repolho e beterraba em consórcio e monocultivo, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.150–156, 2014.

COUTO, J. R.; RESENDE, F. V.; SOUZA, R. B.; OLIVEIRA SAMINEZ, T. C. O. Instruções práticas para produção de composto orgânico em pequenas propriedades, **EMBRAPA, DISTRITO FEDERAL**, Comunicado Técnico 53, 8 pg., 2008.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.; NOMURA, E. S.; SILVA, F. A. M.; CAMPOS, H. L. A. Produção de Compostos Orgânicos à Base de Resíduos Gerados no Vale do Ribeira, **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 8, n. 61, 7 p., 2011.

DUTRA, E. D.; MENEZES, R. S. C. Adição de gliricídia e MB-4 como fontes de N, Ca e Mg na compostagem de podas de árvores na região semiárida do NE do Brasil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Dissertação de Mestrado, 50 p., 2010.

ESCOSTEGUT, P. A. V. E ; KLANT; E. Basalto moído com fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, 22 11-20 1998.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILELLA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.143-149, 2008.

FRASCÁ, M. H. B. O.; SARTORI, P.L.P. Minerais e Rochas. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Eds) Geologia de engenharia. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, 587p.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.42-46, 2006.

FERNANDES, R. C. MATEUS, J. S.; LEAL, M. A. A. Utilização de Composto Orgânico com Diferentes Níveis de Enriquecimento, como Substrato para Produção de Mudanças de Alface e Beterraba, **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol. 4, No. 2, 4 p., 2009.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho.** 1 ed. Jaboticabal: Funep, 1992.

FORTES, N. L. P.; EVANGELISTA, F. O.; NETO, P. F.; SILVA, E. M. A. M.; SILVA, F. C.; BALLESTERO, S. D. Quantificação da liberação de C-Co₂ e relação C/N durante a compostagem de lixo urbano in: The 4th International Congress on University-Industry Cooperation, Taubaté/SP, 14 p., 2012.

FREITAS, M. E.; BONO, J. A. M.; PEDRINHO, D. R.; CHERMOUTH, K. S.; YAMOMOTO, C. R.; VIDIS, R. Y. Utilização de compostos orgânicos para adubação na cultura da alface, **Agrarian**, v.2, n.3, p.41-52, 2009.

GIACOMINI, D. A.; AITA, C.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, S. J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R. R.; DESSBESELL, A.; LÜDTKE, R. C.; SILVEIRA, C. A. P. Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos, Brasília, **Pesq. Agropec. Bras.**, v.49, n.7, p.521-530, 2014.

GONÇALVES, L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia, Resumos. Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996.

HECK, K.; DE MARCO, E. G.; HAHN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPILKI, F. R.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.54-59, 2013.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano, Piracicaba, **Scientia Agricola**, vol.56, n.2, 1999.

JONES, P.; MARTIN, M. A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost. Oxon-UK: The Wastes and Resources Action Programme (WRAP), 2003. 33p.

JUÁREZ, M. F.-D.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; INSAM, H. Merging two waste streams, wood ash and biowaste, results in improved composting process and end products. **Science of The Total Environment**, v. 511, n. Supplement C, p. 91 – 100, 2015.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.

KARAK, T., SONAR, I., PAUL, R.K., DAS, S., BORUAH, R.K., DUTTA, A.K. Composting of cow dung and crop residues using termite mounds as bulking agent. **Bioresource Technology**, v. 169, n. Supplement C, p. 731 – 741, 2014.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KOIVULA, N., RÄIKKÖNEN, T., URPILAINEN, S., RANTA, J., HÄNNINEN, K. Ash in composting of source-separated catering waste. **Bioresource Technology**, v. 93, n. 3, p. 291 – 299, 2004.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona, Oikos-Tou, 1982. 365p.

KUROLA, J.M., ARNOLD, M., KONTRO, M.H., TALVES, M., ROMANTSCHUK, M. Wood ash for application in municipal biowaste composting. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 8, p. 5214 – 5220, 2011.

LEAL, M. A.A. Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Tese de Doutorado, 143 p., 2006.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; SANTOS, S. da S. Processo de compostagem a partir da mistura entre capim elefante e crotalária. Seropédica **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 77, 23 p., 2011.

LEAL, M. A. A.; Aquino, A. A.; Fernandes, R. C.; Mateus, J. S. Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como substrato para produção de mudas de hortaliças, Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento nº 58, 20 p., 2009.

LEAL, M. A. A.; SILVA, S. D.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G. Adubação orgânica de beterraba com composto obtido a partir da mistura de palhada de gramínea e de leguminosa, Seropédica, **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 43, 20 p., 2009.

LIAO, C. F. H. Devarda's Alloy Method for Total Nitrogen Determination. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, n. 5, 1981.

LIMA, C. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; SILVA, L.H. M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 334-340. 2009.

LIMA, G. K. L.; FILHO, J. L.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; ANDRADE, W. G. Produção de mudas de alface com composto orgânico misto de três texturas em três tipos de bandejas, Mossoró, **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.160-166, 2007.

LOURENÇO, K. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARISHI, M.; CHINI, A.; CONCEIÇÃO, V.; Otimização de metodologia para estimar a emissão de amônia no processo de compostagem de dejetos de suínos in: II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA, 4 p., 2011.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 17, DE 21 DE MAIO DE 2007. Que dispõe sobre os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009. Que dispõe sobre as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

MOHEE, R., BOOJHAWON, A., SEWHOO, B., RUNGASAMY, S., SOMAROO, G.D., MUDHOO, A. Assessing the potential of coal ash and bagasse ash as inorganic amendments

during composting of municipal solid wastes. **Journal of Environmental Management**, v. 159, n. Supplement C, p. 209 – 217, 2015.

NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade, **Embrapa**, Sergipe, Circular Técnica 59, 7 pg., 2009

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; NETO, M. T. C. Compostagem Caseira De Lixo Orgânico Doméstico, **Embrapa**, Bahia, Circular Técnica 76, 6 p., 2005

OLIVEIRA, E. A. G. Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido (Dissertação). Seropédica/RJ, Instituto de Agronomia, UFRRJ, 78 f., 2011.

OLIVEIRA, E. A. G.; LEAL, M. A. A.; ROCHA, M. S.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de incubação e da captura conjunta das emissões de CO₂ e de NH₃. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2014. (**Embrapa Agrobiologia**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 97).

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. **Embrapa**, Fortaleza, Documentos, 89,17 p. 2004

OLIVEIRA, L. C.; STANGARLIN, J. R.; LANA, M. C.; SIMON, D.; ZIMMERMANN, A. Adubação Orgânica e Manejo da Adubação Verde Na Cultura Da Alface Em Sistema Orgânico, **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol. 4 No. 2, p. 500-503, 2009.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, J. L.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta, **Revista Brasileira Zootecnia**, v.41, n.5, p.1301-1307, 2012.

PEREIRA, D. C.; GRUTZMACHER, P.; BERNARDI, F. H.; MALLMANN, L. S.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1100–1106, 2012.

PRONK, G. J.; HEISTER, K.; KÖGEL-KNABNER, I. Is turnover and development of organic matter controlled by mineral composition? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 67, p. 235 – 244, 2013.

RIBEIRO, L. S.; SANTOS, A. R.; SOUZA, F. S & SOZA, J. S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 34, núm. 3, maio-junho, 2010, pp. 891-897 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Viçosa, Brasil.

RIBEIRO, P. H.; SILVA, V. M.; NOGUEIRA, N. O.; TEIXEIRA, A. F. R. Caracterização qualitativa do processo de compostagem utilizando ramos triturados de gliricídia (*gliricidia sepium*) como inoculante alternativo. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia-MG. Solo nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.

RICARDO, O.O.E., FERNANDO, M.R.L., PATRICIA, T.L. Evaluation of the Addition of Wood Ash to Control the pH of Substrates in Municipal Biowaste Composting. **Ingeniería, Investigación y Tecnología**, v. 15, n. 3, p. 469 – 478, 2014

RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico, **Revista Ceres**, 56(3): 332-335, 2009.

SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S.; PAULETTI, G. F.; PANSERA, M. R.; RUPP, L. C. D.; VENTURIN, L.; RIBEIRO, T. S. Cartilha para Agricultores: COMPOSTAGEM; Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos, UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, 16 p. 2012.

SILVA, F. A. M.; GUERRERO LOPEZ, F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais, **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4(1):59-66, 2009.

SILVA, F. C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627 p.

SILVA, V. M.; RIBEIRO, P. H.; TEIXEIRA, A. F. R.; SOUZA, J. L. Qualidade de compostos orgânicos preparados com diferentes proporções de ramo de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Agroecologia**. 8 (1):187-198. 2013.

SMITH, S. R.; HADLEY, P. A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers: their nitrate-N and ammonium-N release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Fortune). *Plant and Soil*, v. 115, n. 1, p. 135-144, 1989.

SPIASSI, A.; RUBIO, F.; KOELLN, F. T. S.; BENATTO-JUNIOR, J. C.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PAZ, J. C. S. Desenvolvimento de Mudanças de Beterraba em Diferentes Substratos Orgânicos, Curitiba/PR, VI Congresso Brasileiro de Agroecologia, II Congresso Latino Americano de Agroecologia, p. 00591-00595, 2009.

SOUZA FILHO, L. F. S.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L.F.S.; CALDAS, R. C.; MAGALHÃES, A.F. J.; CONCEIÇÃO, H. & SOUSA, J. S. Eficiência de um flogopitito como fonte de potássio para o desenvolvimento inicial do mamoeiro, *Revista Espaço & Geografia*, Vol.9, No 2 (2006), 215:229.

SOUZA, E. G. F.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVEIRA, L. M.; CALADO, T. B.; SOBREIRA, A. M. Produção de mudas de alface babá de verão com substratos à base de esterco ovino, Mossoró, **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 63 – 68, 2013.

STEFFEN, G. P. K; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão, **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) Número Especial, p: 345-357, 2010.

SZMIDT R.A.K. & FERGUSON, J. **Co-utilization of rockdust, mineral fines and compost**. SEPA, 2004. Disponível em: <<https://remineralize.org/wp-content/uploads/Co-utilization%20of%20Rockdust,%20Mineral%20Fines%20and%20Compost.pdf>> Acesso em 18/09/2017.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F.; JÚNIOR, J. F. Processo de Compostagem a Partir de Lixo Orgânico Urbano e Carço de Açaí, **EMBRAPA**, Pará, Circular Técnica 29, 8 p., 2002

TOLEDO, F. H. S. F.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; DIAS, B. A. S.; SILVA, I. M. M.; NEVES, Y. Y. B.; NASCIMENTO, G. O.; CARLOS, L. Influência da qualidade química do substrato no teor de nutrientes em folhas de mudas de eucalipto, Santa Maria-RS, **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.1, n.2, p.89-96, 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Environmental indicators of quality in the United States, 1996. EPA 841-R-96-002 IN ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. L.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras, **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.764-772, 2007.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MANZKE, N. E.; MORAES, P. O.; BÜTTOW ROLL, V. F. Compostagem da mistura de Carcaças de frangos de corte e Cama de aviário, **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 02, n.02, p. 135-152, 2011.

VALLE, C. B.; MILLES, J W. Melhoramento de gramíneas do gênero Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994. Piracicaba. Anais Piracicaba: FEALQ, 1994. p.1-24.

VON WILPERT, K & LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on an acidified glacial loam. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 2003, Volume 65, Number 2, Page 115

WRAP-WASTES AND RESOURCES ACTION PROGRAMME. To support the development of standards for compost by investigating the benefits and efficacy of compost use in different applications. Oxon-UK, 72 p, 2004.

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, jan-mar 2004.