

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

Mauricio Vicente Motta Tratsch

**COMPOSTO ORGÂNICO: COMPOSIÇÃO, MINERALIZAÇÃO E
PRODUÇÃO DE CULTIVAR DE PORTA-ENXERTO DE NOGUEIRA-
PECÃ (*Carya illinoensis* (Wang) K.)**

Santa Maria, RS, Brasil

2017

PPGCS/UFSM, RS

TRATSCH, Mauricio Vicente Motta

Doutor

2017

Mauricio Vicente Motta Tratsch

**COMPOSTO ORGÂNICO: COMPOSIÇÃO, MINERALIZAÇÃO E
PRODUÇÃO DE CULTIVAR DE PORTA-ENXERTO DE NOGUEIRA-
PECÃ (*Carya illinoensis* (Wang) K.)**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Área de Concentração em
Processos Químicos e Ciclagem de Elementos da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,
RS), como requisito parcial para obtenção do grau
de **Doutor em Ciência do Solo.**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta

Santa Maria, RS, Brasil
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Tratsch, Mauricio V. M.

COMPOSTO ORGÂNICO: COMPOSIÇÃO, MINERALIZAÇÃO E
PRODUÇÃO DE CULTIVAR DE PORTA-ENXERTO DE NOGUEIRA-PECÃ
(*Carya illinoensis* (Wang) K.) / Mauricio V. M.
Tratsch.- 2017.

90 p.; 30 cm

Orientador: Carlos Alberto Ceretta
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2017

1. Compostagem 2. Resíduos orgânicos 3. Produção de
mudas 4. Substrato orgânico I. Ceretta, Carlos Alberto
II. Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Mauricio Vicente Motta Tratsch. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: mauriotratsch@yahoo.com.br

Mauricio Vicente Motta Tratsch

**COMPOSTO ORGÂNICO: COMPOSIÇÃO, MINERALIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE
CULTIVAR DE PORTA-ENXERTO DE NOGUEIRA-PECÃ (*Carya illinoensis*
(Wang) K.)**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Área de Concentração em
Processos Químicos e Ciclagem de Elementos da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,
RS), como requisito parcial para obtenção do grau
de **Doutor em Ciência do Solo**.

Aprovado em 23 de fevereiro de 2017:

**Carlos Alberto Ceretta, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Gustavo Brunetto, Dr. (UFSM)

Paulo Ademar Avelar Ferreira, Dr. (UFSM)

Rafael Rosa Couto, Dr. (UFSC)

Renan Costa Beber Vieira, Dr. (UFFS)

Aos meus pais, Celso Vicente Tratsch e Edith Motta Tratsch,
pelo incentivo e apoio

OFEREÇO ESTE TRABALHO

Taísa, por estar sempre ao meu lado, me incentivando em todos os momentos a seguir em frente e não desanimar, e por diversas vezes compreender os momentos difíceis desta caminhada.

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, pela família, pelos desafios que a vida oferece a cada dia de melhorar cada vez mais nesse longo caminho evolutivo e por colocar em meu convívio pessoas amigas e preciosas.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) e ao Colégio Politécnico da UFSM pela oportunidade de realização do curso.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Ceretta pela orientação, ensinamentos e amizade. Agradeço a oportunidade que me foi dada.

A todo corpo docente e técnico do PPGCS, pelos ensinamentos e amizade, pessoas que colaboraram muito em meu crescimento pessoal e profissional.

Aos colegas de sala de aula e do Laboratório de Química e Fertilidade de Solos: pela convivência e pela amizade criada ao longo desses anos. Agradeço-os pelo convívio e conhecimento compartilhado ao longo desse período.

Ao Dr. Paulo Ademar Avelar Ferreira e ao Dr. Gustavo Brunetto pela fundamental ajuda, sugestões e apoio durante toda esta caminhada. Sem vocês não seria possível concluir este trabalho. “Muito Obrigado”!

Aos Professores Diniz Fronza e Dilson Antônio Bisognin, pela amizade, parceria e pelo auxílio nos trabalhos a campo, sem os quais não teria concluído meus estudos.

Aos colegas Professores do Colégio Politécnico pelo apoio e incentivo e amizade.

Ao Sr. Luiz Francisco Finamor (*in memoriam*) pela sua valiosa amizade.

Santa Maria, RS
2017

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

COMPOSTO ORGÂNICO: COMPOSIÇÃO, MINERALIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CULTIVAR DE PORTA-ENXERTO DE NOGUEIRA-PECÃ (*Carya illinoensis* (Wang) K.)

AUTOR: MAURICIO VICENTE MOTTA TRATSCH
ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO CERETTA
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 23 de fevereiro de 2017.

Resíduos de frutas e hortaliças (RFH) podem ser utilizados para a produção de composto orgânico que quando mineralizado pode disponibilizar nutrientes às plantas frutíferas como a Nogueira-Pecã (*Carya illinoensis* (Wang) K.). O objetivo do estudo foi produzir um composto orgânico a partir da mistura de diferentes proporções de resíduo de frutas e hortaliças (RFH), casca de arroz (CA) e dejetos de aves (DA), que atenda aos requisitos mínimos de qualidade exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos, avaliar a mineralização de N do composto orgânico utilizado na composição de substratos para ser utilizado na produção de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã (*Carya illinoensis* (Wang) K.). O presente trabalho foi dividido em dois estudos: Estudo 1 (Composição e mineralização de compostos orgânicos derivados da compostagem de resíduos de frutas e hortaliças) e Estudo 2 (Crescimento e estado nutricional de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã submetido a aplicação de substrato à base de composto orgânico). No Estudo 1, foram montados quatro tratamentos (pilhas), com diferentes proporções de misturas de RFH:CA:DA (v:v): 2:1:0, 1:1:1, 1,5:1:0 e 1,2:1:0. Os tratamentos foram submetidos ao processo de compostagem por um período de 95 dias. Foram obtidos 4 compostos orgânicos (C1, C2, C3 e C4), que foram analisados nos seguintes parâmetros: COT, Nt, C/N, CTC/C, CE, pH, teor de umidade, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, teor de P, K, Ca, Mg, Cu, S, Mn e Zn. A segunda etapa deste estudo foi a realização de teste de mineralização de N do composto orgânico (C2), produzido na primeira etapa do estudo, utilizado juntamente com a turfa agrícola (TA) e casca de arroz carbonizada (CC) na composição dos seguintes tratamentos: 40%TA+60%CC (controle), 20%TA+80%C2, 30%TA+70%C2, 40%TA+60%C2, 50%TA+50%C2, 60%TA+40%C2, 70%TA+30%C2 e 80%TA+20%C2. Foram analisados os teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N mineral e N mineralizado em relação ao total adicionado nos tempos (0, 7, 14, 28, 56 e 112 dias). No Estudo 2, foram avaliados os tratamentos 40%TA+60%CC (controle), 20%TA+80%C2, 30%TA+70%C2, 40%TA+60%C2, 50%TA+50%C2, 60%TA+40%C2, 70%TA+30%C2 e 80%TA+20%C2 no desenvolvimento e estado nutricional de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã no período de 112 dias.

No Estudo 1, as constantes adições de resíduos de frutas e hortaliças não demonstraram diferença significativa no padrão de temperatura desenvolvido nas pilhas de compostagem. A compostagem de resíduos de frutas e hortaliças e casca de arroz, necessita de uma fonte externa de nutrientes para produzir um composto orgânico dentro dos padrões mínimos de qualidade exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos. O composto (C2) apresentou desempenho superior com resultados conforme exige a legislação nos seguintes parâmetros de maturação e qualidade: relação C/N, COT, teores de N, P, K, Ca, Fe, Mn, CTC/C, pH e umidade%. A

utilização de composto orgânico na composição do substrato, favoreceu a mineralização de N em relação ao tratamento controle, com destaque para a mistura 40%TA+60%C2 que apresentou a maior valor de NH_4^+ em todas as datas avaliadas, 60%TA+40%C2 com maior valor de NO_3^- , N mineral e N mineralizado aos 28 dias após a incubação, assim como também apresentou a maior mineralização do N no período avaliado. No Estudo 2, os porta-enxertos cultivados nos tratamentos 80%TA+20%C2 e 60%TA+40%C2 apresentaram maior acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA). Os tratamentos 50%TA+50%C2, 40%TA+60%C2 e 30%TA+70%C2, apresentaram maior incremento em altura e acúmulo de massa seca total (MST). O tratamento 40%TA+60%C2 favoreceu o maior acúmulo de massa seca de raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã. As doses de composto orgânico (C2) não afetaram a concentração de nutrientes nas folhas de noqueira-pecã, exceto o N que apresentou menor concentração nas folhas em todos os tratamentos avaliados. Assim, o composto orgânico produzido a partir de resíduos de frutas e hortaliças, casca de arroz e dejetos de aves é eficiente na produção de cultivar de porta-enxerto de noqueira-pecã.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduos orgânicos. Substrato. Produção de mudas. Nutrientes.

Santa Maria, RS
2017

ABSTRACT

Doctoral thesis
Graduate Program in Soil Science
Universidade Federal de Santa Maria

ORGANIC COMPOST: COMPOSITION, MINERALIZATION AND PRODUCTION OF PECAN (*Carya illinoensis* (Wang) K.) ROOTSTOCK CULTIVAR

AUTHOR: MAURICIO VICENTE MOTTA TRATSCH

ADVISOR: CARLOS ALBERTO CERETTA

Place and Date of Presentation: Santa Maria, February 23, 2017.

Fruit and vegetable residue (FVR) can be used for the production of organic compost, which when mineralized may provide nutrients to fruit trees, such as the Pecan (*Carya illinoensis* (Wang) K.). The objective of the study was to produce an organic compound from the mixture of different ratios of fruit and vegetable residue (FVR), rice husk (RH) and poultry manure (PM) that meets the minimum quality requirements demanded by legislation, as well as to evaluate the N mineralization of the organic compound used in the composition of the substrates to be used in the production of Pecan (*Carya illinoensis* (Wang) K.) rootstock cultivar. This study was divided into two studies: Study 1 (Composition and mineralization of organic compounds derived from the composting of fruit and vegetable residues) and Study 2 (Growth and nutritional status of Pecan rootstock cultivar subjected to the application of an organic compound-based substrate). In Study 1, four treatments (piles) were assembled with different ratios of mixtures of FVR:RH:PM (v:v): 2:1:0, 1:1:1, 1.5:1:0 and 1.2:1:0. The treatments were submitted to the composting process for a period of 95 days. Four organic compounds were obtained (C1, C2, C3 and C4) and analyzed using the following parameters: TOC Nt, C/N CEC/C, EC, pH, moisture content, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, and contents of P, K, Ca, Mg, Cu, S, Mn and Zn. The second stage of this study was to perform the N mineralization test of the organic compound (C2) produced in the first stage of the study, used together with agricultural peat (AP) and carbonized rice husk (CRH) in the composition of the following treatments: 40% AP+60% CRH (control), 20% AP+80% C2, 30% AP+70% C2, 40% AP+60% C2, 50% AP+50% C2, 60% AP+40% C2, 70% AP+30% C2 and 80% AP+20% C2. The contents of N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, mineral N and mineralized N were analyzed in relation to the total added at each time (0, 7, 14, 28, 56 and 112 days). In Study 2, the 40% AP+60% CRH (control), 20% AP+80% C2, 30% AP+70% C2, 40% AP+60% C2, 50% AP+50% C2, 60% AP+40% C2, 70% AP+30% C2 and 80% AP+20% C2 treatments were analyzed in relation to the development and nutritional status of Pecan rootstock cultivar in the period of 112 days.

In Study 1, the constant additions of fruit and vegetable residues showed no significant difference in the temperature pattern developed in the compost piles. The composting of fruit and vegetable residues and rice husk requires an external source of nutrients to produce an organic compound within the minimum standards of quality required by organic fertilizer legislation. The compost (C2) exhibited excellent performance and the results were within the standards required by legislation in the following maturation and quality parameters: C/N ratio,

TOC, N, P, K, Ca, Fe, Mn, CEC/C, pH, and moisture%. The use of organic compound in substrate composition favored N mineralization in comparison to the control treatment, especially the 40%AP+60%C2 mixture, which exhibited the highest NH_4^+ value at all the evaluated times, and the 60%AP+40%C2 mixture with the highest NO_3^- , mineral N and mineralized N at 28 days after incubation, as well as the highest N mineralization during the evaluation period. In Study 2, rootstocks grown in the 80%AP+20%C2 and 60%AP+40%C2 treatments exhibited greater accumulation of dry shoot mass (DSM). The 50%AP+50%C2, 40%AP+60%C2 and 30%AP+70%C2 treatments showed a greater increase in height and in the accumulation of total dry matter (TDM). The 40%AP+60%C2 treatment promoted the highest accumulation of dry root mass (DRM) and Dickson quality index (DQI) in the Pecan rootstock cultivar. The doses of organic compound (C2) did not affect the concentration of nutrients in the leaves of pecan, except N, which exhibited a lower concentration in the leaves in all the treatments. Thus, the organic compound produced from residues of fruits and vegetables, rice husk and poultry manure is efficient in the production of pecan rootstock cultivar.

Keywords: Composting. Organic residues. Substrate. Seedling production. Nutrients.

LISTA DE TABELAS

ESTUDO 1

Experimento 1

Table 1 - Chemical characterization of fruit and vegetable waste (FVW), rice husk (RH) and poultry manure (PM).....32

Table 2 - Amounts and ratios of fruit and vegetable waste (FVW), rice husk (RH) and poultry manure (PM) added on a weekly basis.....32

Table 3 - Chemical characterization of the organic compost (C), agricultural peat (AP) and carbonized rice husk (CRH).....34

Experimento 2

Table 4 - Chemical characteristics of the treatments prior to incubation.....34

Table 5 - Chemical characteristics of organic composts 1, 2, 3 and 4 (C1, C2, C3 and C4)...37

ESTUDO 2

Table 1 - Chemical characterization of the organic matter and treatments applied on the Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation.....66

Table 2 - Nutrient contents in the treatments for the production of Pecan rootstock (Barton variety) produced from sexual propagation.....66

Table 3 - Increase in height and stem diameter and SPAD readings in Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation, subjected to the application of substrates.....67

Table 4 - Production of root dry matter (RDM), shoot dry matter (SDM), shoot dry matter-root dry matter ratio (SDM/RDM), total dry matter (TDM), height-shoot dry matter ratio (H/SDM) and Dickson quality index (DQI) in seedlings of Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation, subjected to the application of substrates.....68

Table 5 - Nutrient contents in the plant tissue (leaf, stem and root) of Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation, subjected to the application of substrates.....69

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1

Experimento 1

Figure 1 - Average temperatures of the upper (20 cm from the surface) and lower (20 cm from the base) portions of the treatments during the composting period.....36

Experimento 2

Figure 2 - Contents of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (A), $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (B), mineral N (C), and mineralized N in relation to the total N added (D) in eight substrates over 112 days after incubation. Vertical bars indicate the standard error.....41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
1.1 Referências bibliográficas.....	20
2 HIPÓTESES	24
3 OBJETIVO GERAL.....	25
3.1 Objetivos específicos	25
4 Estudo 1- COMPOSITION AND MINERALIZATION OF ORGANIC COMPOST DERIVED FROM COMPOSTING OF FRUIT AND VEGETABLE WASTE.....	26
4.1 ABSTRACT.....	26
4.2 RESUMO.....	27
4.3 introduCTION.....	27
4.4 Calculations and statistical analysis.....	33
4.5 RESULTS AND DISCUSSION	33
4.5.1 Experiment 1- Composition of the organic composts	33
4.5.2 Experiment 2- N mineralization of the organic composts in substrate	38
4.6 CONCLUSIONS	41
4.7 REFERENCES	42
5 Estudo 2 - Crescimento e estado nutricional de CULTIVAR DE porta-enxerto de nogueira- pecã submetidas a aplicação de substrato à base de composto orgânico.....	47
5.1 Resumo	47
5.2 Abstract.....	48
5.3 Introduction.....	49
5.4 Material and Methods	50
5.4.1 Seedling production and treatments.....	50
5.4.2 Assessment and tissue analysis.....	52
5.4.3 Calculations and statistical analysis	53
5.5 Results and discussion	53
5.5.1 Morphological parameters and SPAD	53
5.5.2 Nutrient content and distribution in plant organs	55
5.6 Conclusions.....	59
5.7 References.....	59
6 DISCUSSÃO GERAL.....	68
6.1 Referências bibliográficas.....	72
ANEXO	74
ANEXO A. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009.....	74

1 INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento demográfico aliado ao atual padrão de consumo, impulsionam a demanda por produtos, bens e serviços, gerando à necessidade de aumento na produção dos mais diversos tipos de alimentos, tendo como resultado safras cada vez maiores e aumento da área produzida. Dentro desse contexto, a produção de frutas e hortaliças alcança um lugar de destaque no cenário nacional, pois o Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de frutas com uma produção de 43,6 milhões de toneladas (AGÊNCIA SEBRAE, 2015) e 19,4 milhões de toneladas de hortaliças (ABCSEM, 2014).

Apesar dos expressivos índices de produção de frutas e hortaliças, aproximadamente 20 a 30% não chega até a mesa do consumidor, porque são perdidos ao longo do cultivo e processamento (Gustavsson et al., 2011) ou acontece o desperdício pelo consumidor e pelas indústrias de alimentos (Gustavsson et al., 2013). Assim, as perdas acontecem em toda a cadeia produtiva, com destaque para o pós-colheita, onde se concentram os maiores prejuízos devido à falta de cuidados e tecnologia adequada, como embalagem apropriada, cuidados no manuseio, transporte inadequados, técnicas de conservação incipientes e falta de seleção e padronização (Sanches et al., 2016). Devido às características de elevada umidade e grande concentração de nutrientes e açúcares (Ayala-Zavala et al., 2011), os resíduos de frutas e hortaliças necessitam de um substrato mais seco que diminua a umidade e possibilite seu manuseio evitando geração de mau cheiro e atração de insetos e vetores. A alta biodegradabilidade desses resíduos quando dispostos ao ambiente faz com que ocorra uma rápida decomposição, podendo gerar um material líquido denominado chorume, com elevada demanda química de oxigênio (DQO), concentração de ácidos graxos voláteis e em alguns casos, concentração de metais pesados (Nagajyoti et al., 2010).

Nesse sentido, destacam-se também a geração de resíduos agrícolas, como a casca de arroz, que no estado do Rio Grande do Sul (RS) atinge 1.200.000 ton ano⁻¹, sendo um dos maiores produtores mundiais (RIO GRANDE DO SUL, 2014). Esse resíduo possui baixa umidade, alta relação C/N e alta disponibilidade, podendo ser utilizado como material estruturante no processo de degradação de outros resíduos (Paz et al., 2012). Como forma de destino, a casca de arroz é depositada diretamente no solo, sendo esta prática de disposição final adotada pela maioria dos produtores do grão. Um problema desta prática é o tempo que a casca de arroz leva para se decompor, aproximadamente 5 anos, além da grande emissão CH₄

decorrente da decomposição do carbono orgânico, somando-se a isso, a necessidade de espaço para disposição devido ao grande volume gerado (Mayer et al., 2007). Assim, surge a necessidade de um correto tratamento destes resíduos evitando possíveis impactos ambientais decorrentes da simples disposição destes materiais sobre a superfície do solo.

A legislação brasileira define fertilizante orgânico composto, como o produto que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, resultando em produto de utilização segura na agricultura (BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25, 2009). Assim, os dejetos de animais são muito utilizados como fonte de nutrientes e microrganismos em processos de compostagem, com destaque para os dejetos de aves, que apresentam grande concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio (Wilson et al., 2009). O teor de nutrientes presentes nos dejetos depende de diversos fatores, tais como a idade das aves, sistema de produção, tipo de instalações, manejo empregado, nutrição das aves e clima predominante. O dejetos, em alguns casos, pode ser aplicado puro como fertilizante sem um tratamento prévio, em variedades cujo intervalo entre a aplicação e a colheita seja maior do que quatro meses (BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25, 2009). Porém, a possibilidade de infecções por *Salmonella* e *Escherichia coli* demonstram a necessidade de cuidados e estratégias que permitam a utilização segura destes resíduos (Farias et al., 2012).

Uma técnica de transformação e estabilização de resíduos orgânicos é a compostagem que diminui o potencial contaminante dos resíduos ao convertê-los em fertilizante, possibilitando a reciclagem dos nutrientes no solo (Domínguez et al., 2011). Na compostagem os resíduos são transformados, sob condições controladas, através da decomposição biológica do material por ação de bactérias, fungos e actinomicetos em meio aeróbio, que resulta no final do processo, na estabilização da matéria orgânica que poderá servir de fonte de nutrientes as plantas (Corrêa et al., 2012). A riqueza de um fertilizante orgânico em nutrientes depende do material de origem, da proporção de mistura destes materiais e do cuidado com o monitoramento da compostagem.

O pleno desenvolvimento do processo de compostagem é dependente de diferentes fatores, tais como a atividade dos microrganismos (Corrêa et al., 2012a), umidade (Dores-Silva et al., 2013), aeração, pH, temperatura (Corrêa et al., 2012b), relação C/N e matéria prima (Hubbe et al., 2010). A partir de uma relação C/N ótima dos materiais, ocorre um aumento da população e um desenvolvimento do metabolismo dos microrganismos, que por sua vez aumenta sua atividade e assim a temperatura.

No início da decomposição (fase mesófila < 40 °C), predominam bactérias e fungos mesófilos produtores de ácidos. Com a elevação da temperatura (fase termófila 40 a 60 °C), a população dominante torna-se a de bactérias, fungos e actinomicetos termófilos ou termotolerantes. Os fungos termófilos ou termotolerantes geralmente desenvolvem-se a partir do 10º ou 15º dia, enquanto os actinomicetos predominam nas últimas fases da compostagem. Passada a fase termófila, o composto retorna a uma fase mesófila mais longa com outra composição química, reaparecendo fungos e bactérias mesófilos (Doublet et al., 2011). As bactérias termófilas realizam seu principal papel decompondo açúcares, amido, proteínas e demais compostos orgânicos, enquanto fungos e actinomicetos desempenham importante papel na decomposição da celulose e lignina (Hanajima, 2016), embora muitas bactérias também ataquem a celulose (Domínguez et al., 2011). Esses microrganismos possuem uma faixa de temperatura ótima, na qual a atividade metabólica é maximizada (Habart et al., 2015).

Devido ao alto teor de umidade 80 a 85%, presente nos RFH (Assis et al., 2014) e levando em consideração a grande variabilidade de produção deste resíduo, sua utilização na composição de misturas em compostagem pode, por um lado regular a quantidade de água no sistema, porém, de outra forma, pode desfavorecer o balanço de nutrientes adequado para desenvolvimento do processo, com consequências na qualidade e potencial agronômico do composto orgânico produzido. Nesse sentido, diferente da compostagem tradicional, onde uma mistura de materiais é elaborada e acompanhada até o final do processo 90 a 120 dias (Tatano et al., 2015), o parcelamento da quantidade total adicionada de RFH, permite um melhor controle da umidade dos resíduos em compostagem, evitando perdas de nutrientes com emissões de gases poluentes e a formação de chorume (Adhikari et al., 2013). Conhecer a melhor relação de mistura dos resíduos de frutas e hortaliças, casca de arroz e dejetos de aves em compostagem é fundamental, pois possibilita o uso de estratégias de manejo buscando suprir o balanço de água, nutrientes e o fornecimento de energia necessário ao desenvolvimento microbiano, favorecendo o processo de decomposição produzindo um composto orgânico de qualidade, que atenda aos requisitos mínimos exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos.

A utilização do composto na atividade agronômica depende sobretudo da sua qualidade, especialmente do conteúdo de carbono orgânico, da sua maturidade, da concentração em nutrientes e da presença ou ausência de substâncias potencialmente perigosas e indesejáveis ao ambiente (Silva et al., 2014). Desta forma, esses materiais possuem nutrientes necessários às plantas, porém eles também podem possuir consideráveis quantidades de elementos tóxicos

como os metais pesados, tais como Pb, Cd, Hg, Cu, Zn e As (Nagajyoti et al., 2010), além de outros compostos orgânicos tóxicos para as plantas (Bose et al., 2008). A legislação brasileira de fertilizantes e corretivos estabelece teores totais desses nutrientes e os subdivide em três categorias: macro nutrientes primários, macro nutrientes secundários e micronutrientes além das seguintes garantias para comercialização do composto produzido: matéria orgânica total mínimo de 40%, nitrogênio total mínimo de 1%, umidade máximo de 50%, relação C/N máximo de 20/1 e índice pH mínimo de 6,0.

Em grande parte, os fertilizantes orgânicos ganham papel de destaque nos cultivos orgânicos na produção de mudas e hortaliças com benefícios econômicos devido ao baixo custo de produção e também na relação solo/planta com acúmulo de carbono, nitrogênio e fósforo orgânico no solo, e sua disponibilização gradual de nutrientes para as plantas (Boeira et al., 2009). No entanto, a adição é geralmente feita de forma inadequada, pois muitas vezes não considera as características do solo, as exigências nutricionais das culturas e os teores presentes no composto. Quando adicionado ao solo, o N orgânico presente no composto é mineralizado à amônia que, nas condições de acidez predominante nos solos, é convertida a NH_4^+ ou, então, a NO_3^- , pela ação das bactérias nitrificantes. O NO_3^- é de alta mobilidade no solo, principalmente na camada superficial, devido à adsorção não-específica a que o íon está sujeito e à predominância de cargas negativas no complexo coloidal do solo, decorrente sobretudo da presença da matéria orgânica (Maia et al., 2011).

Contudo, além dos benefícios de enriquecimento gradual do solo com macro e micronutrientes essenciais às plantas, aumento gradativo do teor de matéria orgânica do solo, aumento gradativo da capacidade de troca de cátions (CTC) e aumento na biodiversidade de microrganismos (Domínguez et al., 2011), o uso de fertilizantes orgânicos proporciona uma redução dos custos de produção decorrentes da compra de insumos externos (Antoniolli et al., 2010).

A adubação orgânica em frutíferas é um importante mercado em expansão, com participação de 48% sobre o valor das vendas de fertilizantes orgânicos no país (ABISOLO, 2012). Um setor que vem ganhando papel de destaque na fruticultura nacional é a produção de Nogueira-pecã (*Carya illinoensis* (Wang) K.), que na safra de 2013 atingiu 5,2 mil toneladas da fruta, sendo o RS o segundo maior produtor nacional, com produção média de 1.835 toneladas ano⁻¹ (IBGE, 2014). No entanto, o país ainda importa cerca de 80% de seu consumo por falta de produção interna. A área total plantada no estado é de 3,4 mil ha⁻¹ com crescimento de 700 ha ano⁻¹ (DIVINUT, 2016).

A Nogueira-Pecã, que pertence à família *Juglandaceae* (Reiger, 2014), possui características de grande porte, podendo superar os 60 metros de altura, 4 metros de diâmetro de copa e 2 metros de circunferência do caule; apresenta sistema radicular bastante vigoroso com eixo principal (pivô) bem agressivo, exigindo solos profundos e bem drenados. A propagação da Nogueira-Pecã pode ser feita de forma sexuada (por semente), ou axessuada (por enxertia), sendo esta última a mais utilizada entre os produtores, possibilitando que a planta passe pelo período de juvenilidade mais rapidamente do que na propagação sexuada, com ganho na precocidade de produção dos frutos, além da possibilidade de seleção genética das plantas conforme necessidade do produtor e a homogeneidade de produção de plantas (Arreola et al., 2012).

A produção do porta-enxerto é uma etapa crucial na produção de mudas de qualidade (Maia et al., 2012), pois mudas com alto padrão de qualidade podem garantir melhores índices de sobrevivência, reduzindo, assim, a necessidade de gastos com replantio (Silva et al., 2014). O substrato é um dos principais fatores de interferência na germinação, crescimento e qualidade das mudas (Cunha-Queda et al., 2010). Neste sentido, principal objetivo dos viveiristas e produtores é produzir mudas saudáveis de crescimento rápido visando aumento de produtividade e com redução de custos de produção. Por essas razões, substratos alternativos provenientes da mistura de resíduos orgânicos devem ser avaliados, visando disponibilizar maior quantidade de nutrientes, reduzir o custo de produção e aumentar a qualidade das mudas em viveiros (Araújo Neto et al., 2009).

A adubação orgânica de plantio em frutíferas é outro potencial de uso do composto orgânico, que tem se mostrado uma prática recorrente na substituição de fertilizantes minerais (Trani et al., 2013), buscando além da redução de custos de produção, melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Loss et al., 2012), em virtude do incremento nos teores de matéria orgânica, contribuindo na agregação do solo e aumento na capacidade de armazenamento de água no solo (Ciancio et al., 2014), conferindo maior disponibilidade de formas de N às culturas (Giroto et al., 2013), aumento dos teores de P, K, Ca e Mg trocáveis, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases (Lourenzi et al., 2012). Em estudo avaliando a produção orgânica de pitaia (Moreira et al., 2012), verificaram que a adubação orgânica proporcionou maior produção da pitaia vermelha e os maiores teores de nutrientes foram encontrados em cladódios de pitaia vermelha com adubação orgânica. Ao avaliar o efeito de fertilizantes orgânicos sobre a produção e composição química e frutos de

pereiras cultivar "Le-Conte" (Fawzi et al., 2010), verificaram melhores resultados de produção e qualidade de frutos com a dose de 45 kg planta⁻¹ de composto orgânico.

Na produção de oliveiras, (Safar et al., 2012), os autores avaliaram o efeito de diferentes misturas de fertilizantes orgânicos sobre o crescimento vegetativo, floração, frutificação e teor de nutrientes em folhas de oliveiras e observaram maiores teores de N, K e Fe nas folhas, maior área foliar, maior rendimento na produção de frutas e óleo com a utilização de composto orgânico produzido com uma mistura de 90% resíduos agrícolas e 10% esterco de ovelha. Na produção de mudas de pé-franco de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) utilizando substrato formado por uma mistura de solo e composto orgânico (Costa et al., 2012), observaram maior desenvolvimento do sistema radicular e parâmetros de crescimento com a utilização de substrato formado a partir da mistura de 40% solo + 60% composto orgânico.

A definição de doses e épocas de aplicação dos fertilizantes orgânicos tem como objetivo evitar uma superdosagem ou subutilização, o que pode resultar em desequilíbrio nutricional e prejudicar o desenvolvimento das plantas (Durigon et al., 2014). O composto orgânico apresenta os nutrientes em sua forma orgânica, principalmente o N, que necessita ser mineralizado para sua disponibilização às plantas (Fioreze et al., 2012). Nesse sentido, conhecer a mineralização e os fluxos das formas de N do fertilizante, possibilita uma melhor gestão das doses e épocas de aplicação possibilitando o máximo aproveitamento do nutriente pela planta, o que pode se refletir em maior acúmulo de nutrientes no tecido e até recuperação de nutrientes, o que é desejável, já que diminuindo o potencial de transferência de nutrientes pelo escoamento superficial e lixiviação, proporcionando maior ciclagem de nutrientes (Doneda et al., 2012). A eficiência da aplicação de fertilizantes orgânicos depende da capacidade de mineralização dos nutrientes presentes em sua composição (Pitta et al., 2012).

Neste contexto, levando em consideração a necessidade de redução do tempo de espera para obtenção da muda com qualidade e pronta para o plantio a campo, somado a busca pela redução de custos de produção de mudas frutíferas com a utilização de substratos alternativos, além do ganho ambiental no tratamento e destinação final adequados aos resíduos de frutas e hortaliças, o presente estudo tem por objetivo produzir um composto orgânico a partir da mistura de diferentes proporções de resíduo de frutas e hortaliças (RFH), casca de arroz (CA) e dejetos de aves (DA), que atenda aos requisitos mínimos de qualidade exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos e utilização na composição de substrato para a produção de cultivar de porta-enxertos de Nogueira-Pecã (*Carya illinoensis* (Wang) K).

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM – Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas. 2014. 2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. Disponível em <http://www.abcsem.com.br/> Acessado em dez. 2016.

ABISOLO. Impactos positivos do uso de resíduos na agricultura são variáveis. Rural Centro, Campo Grande – MS. Disponível em: <http://www.ruralcentro.com.br/noticias/11171/impactos-positivos-do-uso-deresiduos-na-agricultura-sao-variaveis>. 2012. Acesso em: dez. 2016.

Adhikari, B.K.; Trémier, A.; Barrington, S.; Martinez, J.; Daumoin, M. Gas emissions as influenced by home composting system configuration. **J. Environ. Manage**, v. 116, pp.163–171, 2013.

AGÊNCIA SEBRAE. Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. 2015, Disponível em <http://www.sebraemercado/fruticultura>. Acessado em dez. 2016.

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Disponível em <http://www.anda.org.br/Principais-Indicadores-2014-Det.pdf>> Acesso em nov. 2016.

Antoniolli, Z. I.; Steffen, G. P. K.; Steffen, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato Para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2010.

Araújo Neto, S. E. D.; Azevedo, J. M. A. D.; Galvão, R. D. O.; Oliveira, E. B. D. L.; Ferreira, R. L. F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, 2009.

Arreola, A. J. G.; Lagarda, M. A.; Medina, M. M. C. **Fenología, Tecnología de Producción en Nogal Pecanero**; Libro Técnico Núm. 3, 1 Ed. Campo Experimental La Laguna; Matamoros, Coahuila; p. 67, 2012.

Assis, O. B. G., Britto, D. D. Review: edible protective coatings for fruits: fundamentals and applications. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 2, p. 87-97. 2014.

Ayala-Zavala, J. F.; Vega-Vega, V.; Rosas-Domínguez, C.; Palafox-Carlos, H.; Villa-Rodríguez, J. A.; Siddiqui, M. W.; González-Aguilar, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1866-1874, 2011.

Boeira, R. C.; Maximiliano, V. C. B. Mineralização de compostos nitrogenados de lodos de esgoto na quinta aplicação em latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 711-722, 2009.

Bose, S.; Bhattacharyya, A. K. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. **Chemosphere**, v. 70, n. 7, p. 1264-1272, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25 de 23 de Julho de 2009. 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. *Diário Oficial da União* 2009; 28 jul. acessado 2015 dez 15.

Ciancio, N. R., Ceretta, C. A., Lourenzi, C. R., Ferreira, P. A. A., Trentin, G., Lorensini, F., & Brunetto, G. Crop response to organic fertilization with supplementary mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 912-922, 2014.

^aCorrêa, É.K.; Corezzolla, J.L.; M.N. Corrêa.; Bianchi, I.; Gil-Turnes, C.; Lucia, T. JR. Chemical characteristics of beddings for swine: Effects of bedding depths and of addition of inoculums in a pilot-scale. **Bioresource Technology**, v. 123, p.62-65, 2012.

^bCorrêa, É.K.; Ulguim, R.R.; Corrêa, L.B.; Castilhos, D.D.; Bianchi, I.; Turnes, C. G; Lucia, T. JR. Addition of *Bacillus* sp. inoculums in bedding for swine on a pilot scale: Effect on microbial population and bedding temperature. **Bioresource Technology**, v. 121, p. 127-130, 2012.

Costa, E.; Ferreira, A. F. A.; Silva, P. N. L.; Nardelli, E. M. V. Diferentes composições de substratos e ambientes protegidos na formação de mudas de pé-franco de tamarindeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1189-1198, 2012.

Cunha-Queda, C.; Morais, M. C.; Ribeiro, H. M.; Almeida, M. H. Caracterização de compostos e de materiais orgânicos para a formulação de substratos para viveiros. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 367-375, 2010.

DIVINUT. **A Nogueira-pecã**. 2016. Disponível em: <https://www.divinut.com.br/blog/309/a-nogueira-peca>. Acesso em: out. 2016.

Domínguez, J.; Edwards, C. A. Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products. In: Clive A. Edwards, Norman Q. Arancon, Rhonda L. Sherman (Eds.) **Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management**. CRC Press. Boca Raton, Florida. p 11-25, 2011.

Doneda, A.; Aita, C.; Giacomini, S. J.; Miola, E. C. C.; Giacomini, D. A.; Schirmann, J.; Gonzatto, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

Dores-Silva, P. R; Landgraf, M. D; Rezende, M. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Química Nova*, v. 36, n. 5, 2013.

Doublet, C. J.; Poitrenaud, F. M.; Houot, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability, **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 1298-1307, 2011.

Durigon, M. R., Blume, E., Muniz, M. F. B., Milanesi, P. M., dos Santos, R. F., Heckler, L. I., & Cerini, J. B. Organics and mineral fertilizers and biological control on the incidence of stalk rot and corn yield. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1249-1256, 2014.

Fawzi, M. I. F., Shahin, F. M., Daood, A., & Kandil, E. A. Effect of organic and bio-fertilizers and magnesium sulphate on growth yield, chemical composition and fruit quality of "Le-Conte" pear trees. **Nature and Science**, v. 8, n. 12, p. 273-280, 2010.

Fioreze, C.; Ceretta, C. A.; Giacomini, S. J.; Trentin, G.; Lorensini, F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1187-1192, 2012.

Giroto, E., Ceretta, C. A., Lourenzi, C. R., Lorensini, F., Tiecher, T. L., Vieira, R. C. B., Brunetto, G. (2013). Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 95, p. 115-131. 2013.

Gustavsson, J.; Cederberg, C.; Sonesson, U.; Emanuelsson, A. The methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste—extent, causes and prevention"—FAO, 2011. **The Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK)**, Göteborg, Sweden, 2013.

Gustavsson, J.; Stage, J. Retail waste of horticultural products in Sweden. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n.5, p. 554-556, 2011.

Hanajima, D.; Kuroda, K.; Fukumoto, Y.; Haga, K. Effect of addition of organic waste on reduction of *Escherichia coli* during cattle feces composting under high-moisture condition. **Bioresource Technology**, v.97, p.1626–1630, 2016.

Habart, J; Tlustos, P.; Svehla, A.; Vaha, J.; Tluka, P. The Role of Aeration Intensity, Temperature Regimes And Composting Mixture on Gaseous Emission During Composting, in *Compost Science Utilization*. 2015.

Hubbe, M. A.; Nazhad, M., Sánchez, C. Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: A review, *BioResources*, v. 5, n. 4, p. 2808-2854. 2010.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2010/tabelas_pdf/tab093.pdf> Acesso em: nov. 2016.

Lorensini, F., Ceretta, C. A., Giroto, E., Cerini, J. B., Lourenzi, C. R., De Conti, L., ... & Brunetto, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, v. 42, n. 7, p. 1173-1179. 2012.

Loss, A., Pereira, M.G., Schultz, N, Ferreira, E.P., Silva, E.M.R., Beutler, S.J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. **Acta Scientiarum Agronomy** v. 31, p. 523-528, 2012.

Maia, C. E.; Cantarutti, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 39-44, 2011.

Maia, J. D. G.; Camargo, U. A.; Nachtigal, J. C. Avaliação da cv. Isabel em três sistemas de condução e em dois porta-enxertos para a produção de suco em região tropical. In: Congresso brasileiro de fruticultura, v. 17, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2012.

Mayer, F. D.; Castellaneli, C.; Hoffmann, R. Geração de energia através da casca de arroz: uma análise ambiental. **Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (XXVII ENEGEP)**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

Moreira, R. A., Ramos, J. D., de Araújo, N. A., Marques, V. B., & de Melo, P. C. Produtividade e teores de nutrientes em cladódios de pitaiá vermelha utilizando-se adubação orgânica e granulada bioclástica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p. 714-719, 2012.

Nagajyoti, P. C.; Lee, K. D.; Sreekanth, T. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 8, n. 3, p. 199-216, 2010.

Paz, M. F.; Elias, M. C.; Vasques, R. M.; Corrêa, L. B.; Corrêa, E. K. Resíduos da Indústria de Beneficiamento de Arroz. In: Érico Kunde Corrêa; Luciara Bilhalva Corrêa. (Org.). **Gestão de resíduos sólidos**. Porto Alegre: Evangraf, v.1, p. 75-96, 2012.

Pitta, C. S. R., Adami, P. F., Pelissari, A., Assmann, T. S., Franchin, M. F., Cassol, L. C., & Sartor, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1043-1053, 2012.

Reiger, M. **Pecan – *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch**. Georgia: University of Georgia, 2014. Disponível em: <<http://www.uga.edu/fruit%20pecan.htm>>. Acesso em: dez. 2016.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Energia, Minas e Comunicações. **Termelétricas a biomassa no Rio Grande do Sul**. 2014 Disponível em: <<http://www.semec.rs.gov.br>>, acessado em nov. 2016.

Safar H.; AL-Kahtani.; M.A. Ahmed. Effect of Different Mixtures of Organic Fertilizers on Vegetative Growth, Flowering, Fruiting and Leaf Mineral Content of Picual Olive Trees. **Journal Agriculture & environment science**, v. 12, n. 8, p. 1105-1112, 2012.

Sanches, J.; Lino, A. C. L. **Uso de imagem digital para seleção e classificação de frutas e hortaliças**. IAC Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/imgdiff_ghort/usodeimagensacinforma. Acessado em dez. 2016.

Silva, R. F.; Eitelwein, M. T.; Cherubin, M. R.; Fabbris, C.; Weirich, S.; Pinheiro, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 609-619, 2014.

Tatano, F.; Pagliaro, G.; Giovanni, P.; Floriani, E.; Mangani, F. Biowaste home Composting: Experimental process monitoring and quality control. **Waste Manage**. v. 38, pp. 72-85. 2015.

Trani, P. E., Terra, M. M., Tecchio, M. A., Teixeira, L. A. J., & Hanasiro, J. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, 2013.

Wilson, M., M. Daniels, N. Slaton, T. Daniel and K. VanDevender. Sampling poultry litter for nutrient content. Arkansas Coop. Ext. Ser. FSA9519. University of Arkansas, Little Rock, Arkansas, 2009.

2 HIPÓTESES

- As sucessivas adições de resíduos de frutas e hortaliças à pilha de compostagem, promovem maior aporte de nutrientes e energia aos microrganismos decompositores, favorecendo a atividade biológica, mantendo estável por mais tempo a fase termofílica de decomposição dos resíduos, produzindo um composto orgânico que apresenta melhores índices químicos de maturação e qualidade.

- A mistura de resíduos de frutas e hortaliças e casca de arroz em compostagem, sem uma fonte externa de nutrientes, produz um composto que atende os requisitos mínimos de qualidade exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos.

- A utilização do composto orgânico produzido à base de resíduos de frutas e hortaliças na composição de substrato na proporção 20%TA+80%C, apresenta a maior mineralização de N.

- A utilização do composto orgânico produzido à base de resíduos de frutas e hortaliças na composição de substrato na proporção 20%TA+80%C, favorece o crescimento e o estado nutricional de cultivar de porta-enxertos de nogueira-pecã;

3 OBJETIVO GERAL

Produzir um composto orgânico com diferentes proporções de misturas de resíduos de frutas e hortaliças, casca de arroz e dejetos de aves, que atenda aos requisitos de maturação e qualidade exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos e avaliar a mineralização de N do composto orgânico utilizado na composição de substratos para a produção de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Acompanhar o desenvolvimento do processo de compostagem com as diferentes proporções de mistura de resíduos de frutas e hortaliças, casca de arroz e dejetos de aves na produção do composto orgânico.

Avaliar os parâmetros químicos de maturação e qualidade dos compostos orgânicos produzidos com diferentes proporções de misturas de resíduos de frutas e hortaliças, casca de arroz e dejetos de aves em compostagem;

Avaliar a mineralização de N nos substratos elaborados com diferentes doses de composto orgânico;

Avaliar o desenvolvimento de massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, altura, diâmetro do caule, índice de qualidade de Dickson e teor de nutrientes nos órgãos de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã submetidas ao substrato formado com diferentes doses de composto orgânico.

4 ESTUDO 1- COMPOSITION AND MINERALIZATION OF ORGANIC COMPOST DERIVED FROM COMPOSTING OF FRUIT AND VEGETABLE WASTE

COMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS DERIVADOS DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS

4.1 ABSTRACT

Fruit and vegetable waste can be used for the production of organic compost, which when mineralized can increase the availability of nitrogen. The objectives of this study were: (a) to produce organic compost from different ratios of fruit and vegetable waste, rice husk and poultry manure that meets the legislation on organic fertilizers and (b) to assess the mineralization of N in substrates prepared with different ratios of organic compost. In experiment 1, the following treatments were prepared using (fruit and vegetable residue: rice husk: poultry waste) (v:v): Treatment 1 (2:1:0), Treatment 2 (1:1:1), Treatment 3 (1.5:1:0) and Treatment 4 (1.2:1:0). All the treatments were subjected to composting for 95 days. The organic composts C1, C2, C3 and C4 were subjected to analysis of nutrients, organic carbon, C/N, CEC/C, pH and moisture content. The composts were compared in regards to the parameters required by legislation. In experiment 2, the treatments consisted of eight blends of agricultural peat, carbonized rice husk and organic compost pre-selected from experiment 1. The NO_3^- -N and NH_4^+ -N contents were analyzed in the substrate at time zero and at 7, 14, 28, 56, 112 days after incubation. Compost 2 (C2) met the parameters required by legislation and the use of 40% in the substrate composition promoted the mineralization of N.

Index terms: Organic fertilizer, nutrients, substrates

4.2 RESUMO

Resíduos de frutas e verduras podem ser utilizados para a produção de compostos orgânicos, que quando mineralizados podem aumentar a disponibilidade de nitrogênio. Os objetivos do estudo foram (a) produzir um composto orgânico que atenda a legislação de fertilizantes orgânicos, a partir de diferentes proporções de mistura de resíduos de frutas e hortaliças, casca de arroz e dejetos de aves e (b) avaliar a mineralização de N em substratos elaborados com diferentes proporções de composto orgânico na sua composição. No experimento 1 foram elaborados os seguintes tratamentos utilizando (resíduo de frutas e hortaliças: casca de arroz: dejetos de aves) (v:v): Tratamento1 (2:1:0), Tratamento2 (1:1:1), Tratamento3 (1,5:1:0) e Tratamento4 (1,2:1:0), submetidos a compostagem por 95 dias. Os compostos orgânicos C1, C2, C3 e C4 foram submetidos a análise de nutrientes, carbono orgânico, C/N, CTC/C, pH e teor de umidade. Os compostos foram comparados em relação aos parâmetros exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos. No experimento 2 os tratamentos foram oito misturas de turfa, casca de arroz carbonizada e composto orgânico, pré-selecionado do experimento 1. Os teores de NO_3^- e NH_4^+ foram analisados no substrato no tempo zero e aos 7, 14, 28, 56, 112 dias. O Composto C2 atendeu os parâmetros da legislação e a utilização de 40% composto orgânico na composição do substrato favoreceu a mineralização de N.

Palavras-chave: Fertilizante orgânico, nutrientes, substratos.

4.3 INTRODUCTION

In Brazil, 30 to 40% of foods such as vegetables and fruits are lost on the way from the producer to the consumer Souza et al. (2011). Of this total, 54% of the losses occur in the phases of production, handling, post-harvest and storage. In general, 11% of the food stored in places such as supermarkets is wasted, representing an average loss of 2.93% in revenue ABRAS

(2015). However, as the Brazilian decree law no. 2848 of 1940 prevents food leftovers from being donated, fruit and vegetable waste can be used in composting.

Composting is an aerobic process of biological transformation of organic waste under controlled conditions, which provides the development of biological activity Bueno et al. (2008); Dores-Silva et al. (2013). The composting process is flexible and can be done in an open or in a closed system. In the open system, the organic material is piled in heaps, which are turned at time intervals to promote aeration of the medium. The closed system involves the use of reactors, which allow better control of the aeration conditions, temperature and moisture, but the costs are higher Hubbe et al. (2010).

In composting, the temperature oscillates over time and it is possible to define three phases in terms of biological activity: mesophilic, thermophilic and the maturation. These phases are not static, having transition points and variability depending on the moisture conditions, oxygen level and amount of waste Andreoli (2001). In a period of 90 to 120 days, with the efficient control of composting, it is possible to obtain a quality organic compost with high values of total organic carbon (TOC), nutrients (such as nitrogen, phosphorus and potassium), pH, electrical conductivity (EC) and cation exchange capacity (CEC) (Medeiros et al. (2008); Oliveira et al. (2012); Blanco et al. (2013).

Brazilian legislation requires that a composite fertilizer, such as organic compost, has the following minimum parameters in order to be commercialized: TOC (> 15%), total N (minimum of 1%), moisture (maximum of 50%), C/N ratio (maximum of 20:1) and pH (minimum of 6.0) BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25, (2009). To produce an organic compost that meets these characteristics, it is necessary to understand its composition (fruit and vegetable waste, rice husk and poultry manure), as well as to establish a mixture ratio that favors the activity of decomposing microorganisms, while at the same time avoiding possible losses during the process that lead to undesirable parameters caused by excess or lack of moisture and

nutrients, producing unpleasant sulphide or ammoniac odors and slurry formation Costa et al. (2009).

Organic compost derived from different mixtures of waste can be used as a source of nutrients for crops, especially perennial crops, such as fruit trees, because they can release nutrients, such as N, more gradually, increasing nutrient use by plants, and consequently reducing loss to the environment Morais et al. (2013). Therefore, the study aimed to: a) evaluate the chemical parameters of maturation and the quality requirements demanded by legislation in four composts produced with different ratios of mixtures of fruit and vegetable waste, rice husk and poultry manure and b) verify the dynamics of N release in the substrates produced from different ratios of mixtures of organic compost, agricultural peat and carbonized rice husk.

MATERIAL AND METHODS

Experiment 1 - Composition of the organic composts

The composting was conducted inside an organic waste treatment facility of the Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), located in the city of Santa Maria (RS), Brazil. The facility had metal roofing with sheets formed by an alloy coating of 55% of aluminum, 43.4% of zinc and 1.6% of silicon; a concrete floor sloping from the sides towards the center, where a drain was located to collect the slurry. The materials used in the composition of the treatments were fruit and vegetable waste (FVW) from a supermarket chain, collected and stored in water tanks until reaching the volume required for the application of the weekly doses; rice husk (RH) from a grain processing business; and poultry manure (PM) from birds raised in suspended cages. The samples of organic waste were collected, crushed and dried in an oven with forced air at 65°C until constant weight; ground and subjected to chemical analysis Tedesco et al. (1995) (Table 1).

Table 1 - Chemical characterization of fruit and vegetable waste (FVW), rice husk (RH) and poultry manure (PM).

Sample	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C	C/N	EC	pH	Moisture
	-----g kg ⁻¹ MS-----						----- mg kg ⁻¹ -----						dSm ₁		%	
PM	22.3	2.8	26.3	63.5	10.9	3.7	34.2	267.1	624.8	684.9	586.6	27.1	10.5	10.5	8.5	28.1
RH	2.9	0.2	3.6	1.2	0.4	0.5	3.3	3.6	137.1	203.9	12.4	38.3	83.2	1.1	6.6	5.4
FVW ₁ ⁽¹⁾	16.8	1.9	19.0	6.6	2.0	1.3	19.5	13.4	888.5	68.2	27.1	42.5	21.4	2.4	4.2	86.9
FVW 2	19.5	1.9	19.9	6.5	2.4	1.5	18.9	10.7	736.8	59.2	29.2	43.1	27.4	2.8	4.4	83.3
FVW 3	15.0	1.3	15.1	9.0	1.7	1.1	23.1	13.0	355.0	73.8	28.9	44.3	25.3	2.4	4.2	84.5
FVW 4	17.8	1.7	20.8	7.3	2.1	1.1	24.0	10.7	859.3	56.6	27.4	44.0	24.7	3.2	4.3	85.4

⁽¹⁾ FVW = Fruit and vegetable waste applied in the first, second, third and fourth weeks; C/N = Carbon/Nitrogen ratio; EC = electrical conductivity; DM = dry matter

Initially, a base mixture (v:v) of 60% FVW and 40% rice husk (RH) was used for the preparation of the treatments. The amounts used for the mixing of these wastes were defined from preliminary studies to obtain a moisture content of approximately 55%, ideal for the beginning of the composting process Kiehl (2010). This base mixture was used to prepare the treatments (piles). During the next three weeks, new additions of FVW (treatments 1, 3 and 4) and FVW + PM (treatment 2) were made, as shown in (Table 2).

Table 2 - Amounts and ratios of fruit and vegetable waste (FVW), rice husk (RH) and poultry manure (PM) added on a weekly basis.

	Treatment 1		Treatment 2			Treatment 3		Treatment 4	
	FVW	RH	FVW	RH	PM	FVW	RH	FVW	RH
Base mixture (kg)	378	63	189	63	156	378	63	378	63
Week 1 (kg)	252	na	126	na	104	252	na	252	na
Week 2 (kg)	252	na	126	na	104	252	na	na	na
Week 3 (kg)	252	na	126	na	104	na	na	na	na
Total (kg)	1134	63	567	63	468	882	63	630	63
Ratio (m:m)	18:1		9:7.5:1			14:1		10:1	
Ratio (v:v)	2:1		1:1:1			1.5:1		1.2:1	
C/N ratio	25.49		27.13			25.78		26.06	

na = not added

The compost piles of each treatment were 3.0 m long, 1.0 m wide and 1.0 m high. Each pile was divided into three portions of 1.0 m in length, comprising the replicates. The turning

of the compost was done manually with a shovel and hoe every three days during the first 30 days. After 30 days the turning was done weekly until the stabilization of the temperature at 95 days. The composting process was carried out for 95 days from November 2, 2015 to February 4, 2016.

Throughout the composting period, the temperature was measured at 20 cm from the surface and at 20 cm from the base of the treatment, on a daily basis and before the waste was turned. At the end of the 95 days of composting, with the stabilization of the temperature, each treatment produced organic compost (C1, C2, C3 and C4). Three samples were collected randomly from each compost. The samples were dried in an oven with forced air at 65°C to constant weight. The samples were ground and prepared for analysis of total contents of total organic carbon (TOC) and nitrogen in a CHNS analyzer (Thermo Finnigan FlashEA 1112 Series, Milan, Italy); pH, moisture content, and total contents of P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$, according to the methodology proposed by Tedesco et al. (1995).

Experiment 2 - N mineralization of the organic composts in substrate

The experiment was conducted in a laboratory at the Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), in Santa Maria (RS), in April 2016. We collected samples of agricultural peat (AP), carbonized rice husk (CRH) and organic compost C2 produced in experiment 1 by mixing FVW+PM+RH (Table 3).

Table 3 - Chemical characterization of the organic compost (C), agricultural peat (AP) and carbonized rice husk (CRH).

Sample	pH	EC	CEC	N	TOC	C/N
	H ₂ O (1:5)	(dSm ⁻¹)	(mmol _c kg ⁻¹)	(% dry matter)		
C2	8.55	6.76	303.75	1.51	24.19	15.95
AP	5.01	2.24	1040	1.98	40.43	20.45
CRH	7.25	0.53	65	0.73	44.03	60.25

pH = potential of hydrogen, EC = electrical conductivity, CEC = cation exchange capacity, N = nitrogen, TOC = total organic carbon, C/N = Carbon/Nitrogen ratio

The compost chosen for this experiment presented the best values as regards the parameters established by legislation BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009). The organic compost had the following characteristics on a dry basis: 9.09 pH; 179.19 mg kg⁻¹ NH₄⁺-N; 432.79 mg kg⁻¹ NO₃⁻-N, 1.51% total N (Nt); 0.41% total P; 2.99% total K; 4.83% total Ca; 0.83% total Mg, 0.37% total S, 0.003% total B, 0.018% total Cu, 0.6% total Fe, 0.065% total Mn, 0.044% total Zn, 24.19% TOC and 15.95 C/N ratio.

The treatments consisted of the mixture of AP, CHR and C2: 40% AP + 60% CRH (control), 20% AP + 80% C2, 30% AP + 70% C2, 40% AP + 60% C2, 50% AP + 50% C2, 60% AP + 40% C2, 70% AP + 30% C2 and 80% AP + 20% C2. The experimental design was completely randomized with four replicates. The chemical characteristics of the treatments prior to incubation are shown in Table 4.

Table 4 - Chemical characteristics of the treatments prior to incubation.

Treatments	Nt	TOC	C/N	CEC	EC	pH
	-----(% DM) -----			(mmol _c kg ⁻¹)	(dSm ⁻¹)	
40% AP+60%CRH	1.28	32.34	25.27	550	0.68	5.53
20% AP+80% C2	1.72	16.74	9.73	590	5.25	6.13
30% AP+70% C2	1.73	17.38	10.05	657.5	5.22	6.35
40% AP+60% C2	1.79	17.77	9.93	715	5.08	6.40
50% AP+50% C2	1.85	19.57	10.58	787.5	4.94	7.16
60% AP+ 40% C2	1.86	18.63	9.96	902.5	4.23	7.03
70% AP+30% C2	1.88	21.15	11.25	985	3.60	6.92
80% AP+20% C2	1.92	20.73	10.80	1072.5	2.80	5.83

AP = agricultural peat; CRH = carbonized rice husk; TOC = total organic carbon; EC = electrical conductivity; CEC = cation exchange capacity; Nt = Total nitrogen; C/N = Carbon/Nitrogen ratio, DM = dry matter

The treatments were placed in 110 ml acrylic flasks (5 cm in height and 5 cm in diameter). The addition was done in two steps. First, the treatments were added and compacted to a height of 2.5 cm from the top of each acrylic flask. Afterwards, the flask was filled up to 5 cm. The field capacity in each treatment was maintained at 70% through the addition of distilled water. The replicates of each treatment, without the lid, were placed in 1500 ml glass jars. The glass jars were hermetically sealed and placed in a dark incubator chamber with controlled

temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$). The glass jars were opened weekly for 15 minutes to promote gas exchange and prevent possible oxygen deficiency. Moisture was monitored by weighing the experimental units. At 0, 7, 14, 28, 56 and 112 days after incubation (DAI), the substrate was removed from the acrylic flasks, and then homogenized and prepared for the analysis of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ contents, according to the methodology proposed by Tedesco et al. (1995).

4.4 CALCULATIONS AND STATISTICAL ANALYSIS

With the values of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ obtained in experiment 2, the mineral N (Nmin) values were calculated according to Equation 1:

$$\text{Nmin} = \text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N} \quad (1)$$

The mineralized N was calculated in relation to the total nitrogen added (% Nmin) using Equation 2:

$$\% \text{Nmin} = (\text{Nmin}/\text{Nt}) \times 100 \quad (2)$$

The results obtained in both experiments were subjected to analysis of variance and when significant the means were compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$) using SISVAR software Ferreira (2008).

4.5 RESULTS AND DISCUSSION

4.5.1 Experiment 1- Composition of the organic composts

The averages of the temperatures measured daily in the treatments (1, 3 and 4) for 95 days of composting were similar, and reached a temperature range between 50 and 70°C (thermophilic phase) at 15 days after the start of composting (DASC) and maintaining these temperatures up to 40 (treatment 4) and 58 DASC (treatments 1 and 3) (Figure 1).

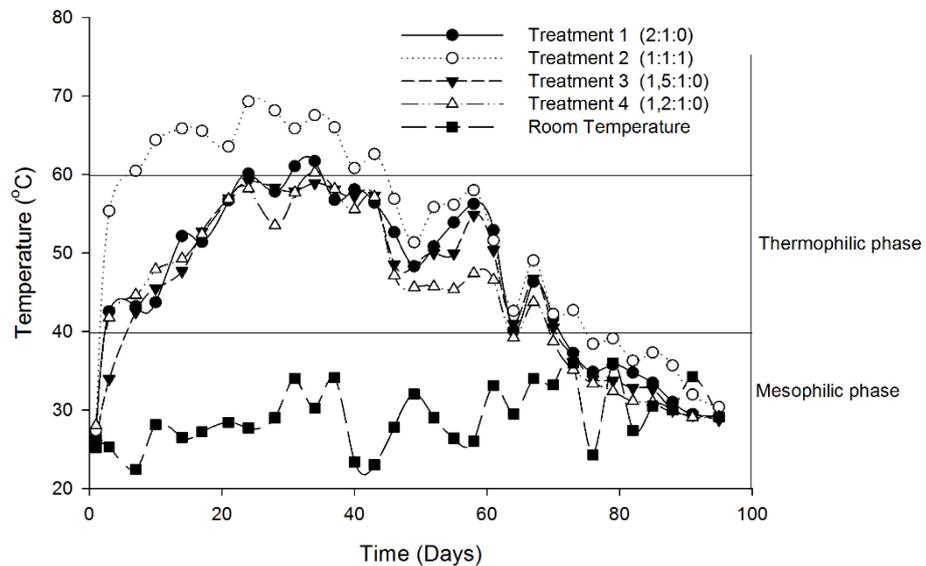


Figure 1 - Average temperatures of the upper (20 cm from the surface) and lower (20 cm from the base) portions of the treatments during the composting period.

After 60 DASC, there was a decrease in temperature in all the treatments, which characterizes the return to the mesophilic phase of the process Sivakumar (2008). A more pronounced increase in temperatures in a shorter period of time was observed in treatment 2, reaching a temperature of 55°C in only 3 DASC and remaining in the range of 50-70°C up to 58 DASC. The rapid increase in temperature of treatment 2 in the first 3 DASC can be attributed to the high respiratory activity of the microbial population, favored by the greater contribution of C, energy, nutrients and diverse microorganisms provided through PM (Table 1) Wilson et al. (2006). In the first phase of composting, the presence of thermophilic bacteria and other organisms can cause the temperature to reach values higher than 60°C Corrêa et al. (2012). These results corroborate with those obtained by Yang et al. (2013), who found in the composting of food waste a rapid increase in temperature in 3 DASC, reaching the thermophilic phase (temperature > 55°C).

After 58 DASC, all the treatments exhibited temperatures close to 40°C, which decreased over time (Figure 1). The behavior observed in the temperature curves followed the same kinetics typically found in classic composting Zibilske (2005). At 95 DASC, the

treatments exhibited temperatures close to those of room temperature, showing that the lack of the addition of FVW promoted a gradual reduction in the availability of labile C, energy and nutrients to the microbial population, reducing their activity and consequently the release of heat through microbial metabolism Doublet et al. (2011). This indicates that the compost was in the stabilization phase Ruggieri et al. (2012).

The Nt values obtained after 95 DASC in C1, C2, C3 and C4 were above the minimum of 0.5% BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009) (Table 5). However, the highest Nt value was observed in C3. This can be attributed to the lowest temperature values during the first week of composting (Figure 1), which can reduce N losses by volatilization Fukumoto et al. (2011).

Table 5 - Chemical characteristics of organic composts 1, 2, 3 and 4 (C1, C2, C3 and C4).

Variable	C1	C2	C3	C4	P ²
TOC (%DM)	30.55 c ¹	24.19 d	34.79 a	32.98 b	>15
N (%DS)	1.46 b	1.51 b	1.67 a	1.10 c	>0.5
C/N	20.82 b	15.95 c	20.81 b	29.96 a	<20
NH ₄ ⁺ -N (mg kg ⁻¹)	62.53 b	179.19 a	53.19 b	39.19 b	-
NO ₃ ⁻ -N (mg kg ⁻¹)	202.13 b	432.79 a	126.39 c	106.93 d	-
Nmin (mg kg ⁻¹)	264.66 b	611.98 a	179.58 c	146.12 d	-
P (%DM)	0.19 c	0.41 a	0.22 b	0.23 b	-
K (%DM)	2.21 b	2.99 a	1.94 c	1.75 d	-
Ca (%DM)	1.15 b	4.83 a	1.07 b	0.82 c	>1
Mg (%DM)	0.33 b	0.83 a	0.23 c	0.23 c	>1
S (%DM)	0.24 b	0.37 a	0.19 c	0.13 c	>1
B (%DM)	0.003 a	0.003 a	0.004 a	0.002 a	>0.03
Cu (%DM)	0.002 b	0.018 a	0.007 b	0.002 b	>0.05
Fe (%DM)	0.26 b	0.60 a	0.22 c	0.28 b	>0.2
Mn (%DM)	0.029 b	0.065 a	0.024 c	0.033 b	>0.05
Zn (%DM)	0.006 b	0.044 a	0.006 b	0.004 b	>0.2
CEC (mmol _c kg ⁻¹)	303.75b	406.25a	298.75 b	78.08 c	-
CEC/C	14.59 b	25.47 a	8.59 c	2.36 d	>20
EC (dSm ⁻¹)	5.68 b	11.66 a	4.94 c	3.28 d	-
pH	9.09 a	8.55 c	8.83 b	9.00 a	>6.0
Moisture (%)	55.01 b	45.34 d	58.34 a	51.17 c	<50

(1) Means followed by same letter in the line do not differ by the Scott-Knott test (P <0.05). (2) P = Parameters required by legislation (BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25, 2009)

The TOC values at 95 DASC in C1, C2, C3 and C4 were above the minimum value of 15% (BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25, 2009) (Table 5). The high concentration of total organic carbon in the organic composts can be attributed to the use of rice husk in the composting (Table 1). The RH can have 50% cellulose, 30% lignin and 20% inorganic waste in its constitution Fernandes et al. (2016).

The C/N ratio of C1, C2 and C3 remained within the standard required by legislation BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009) with values of 20.82, 15.9 and 20.81, respectively. Therefore, they may be considered matured organic fertilizers. However, C4 presented the highest C/N ratio (29.96), due to the lower concentration of N (1.10%), which can be explained by the lower doses of FVW added to the compost mixture (Table 2). Furthermore, C4 and C1 presented the highest pH values (9.0 and 9.09, respectively), which may have stimulated the highest loss of N by volatilization, since this is enhanced in substrates with pH values above 7.5 Bernal et al. (2009).

The $\text{NH}_4^+\text{-N}$ contents did not differ statistically between treatments C1 (62.53 mg kg^{-1}), C3 (53.19 mg kg^{-1}) and C4 (39.19 mg kg^{-1}) (Table 5). However, C2 presented the highest concentrations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (179.19 and $432.79 \text{ mg kg}^{-1}$, respectively). This may be related to the addition of PM, which has a high initial content of organic C (Table 1). Zucconi & De Bertoldi (1987) assume values of more than 400 mg kg^{-1} of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ as the limit for immature organic composts. The higher values in the concentrations of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ in comparison to $\text{NH}_4^+\text{-N}$ observed in all the composts indicate an intense nitrification of the organic N present in the compost wastes, which is first released as $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and oxidized to $\text{NO}_2^-\text{-N}$ by the bacteria of the genus nitrobacter and, subsequently, to N-NO_3 . by the nitrosomonas Cantarella et al. (2007).

The highest values of N_{min} were found in C1, C2 and C3 (Table 5). These values may be related to the highest doses of FVW added to the treatments. Guidoni et al. (2013) found

comparable results in composting studies in bioreactors using waste similar to the one used in this study. On the other hand, the lowest values of N_{min} were found in C4. This most likely happened because the lowest amounts of FVW were added to this treatment.

The highest contents of P and K were found in C2 (Table 5). This may possibly be related to the higher initial concentration of these nutrients present in PM, which was added to this treatment (Table 1). The legislation on organic fertilizers BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009) does not provide the maximum or minimum values of P and K. However, their contents must be declared in the product registration process BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009). The Ca contents were higher than the desired minimum (1%) in C1, C2 and C3 (Table 5). Ca values below the required minimum were only found in C4. This may be because the lowest amount of FVW was added to this compost (Table 2), but also because of the low concentration of Ca in the other wastes (Table 1). All of the organic composts showed higher Fe content than the minimum value (0.2%). Only C2 presented Mn content higher than the minimum required by legislation BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009).

C2 was the only organic compost that exhibited a CEC/C ratio higher than the minimum value (CEC/C >20) BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009) (Table 5). In addition, C2 presented the highest EC values. The high nutrient contents may have been caused by the application of PM to the compost mixture, since it had high initial contents of Ca, Mg, Na, K and P (Table 1). Additionally, the high CEC values may be related to the increase in TOC content, due to the initial composition of the PM, which makes it possible to increase the functional exchange groups Sartor et al. (2012). The CEC/C ratio may even be more appropriate than the C/N ratio in indicating the decomposition stage of organic waste, because the C/N ratio can be seriously affected by the presence of ammoniacal N Sánchez-Monedero et al. (2001),

which may overestimate the concentration of N, resulting in a lower C/N ratio than it actually is.

The pH values obtained in the four organic composts (Table 5) were higher than the pH established by legislation (6.0) BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009). Values of pH close to or greater than 6.0 are typically found in organic composts. This happens in the final stage of the composting process with the degradation of organic acids that are produced in the initial stage of decomposition of carbonaceous materials. A group of microorganisms capable of using these organic acids decomposes them; excreting basic substances that raise the pH of the final compost Corrêa et al. (2012).

C2 presented the lowest moisture value at 95 DASC. It is the only compost with a value lower than the maximum limit (50% of moisture) established by legislation BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25 (2009). This happened because of the higher loss of water by evaporation, due to the increased temperature during the composting process (Figure 1). This gain in temperature may be related to increased activity of the microbial population stimulated by the application of PM to the mixture during the preparation of the treatment Wang et al. (2012).

4.5.2 Experiment 2- N mineralization of the organic composts in substrate

The NH_4^+ -N content in all the treatments increased from the first day to 14 days after incubation (DAI), especially in the 40% AP + 60% C2 ($77 \text{ mg NH}_4^+\text{-N kg}^{-1}$) treatment (Figure 2a).

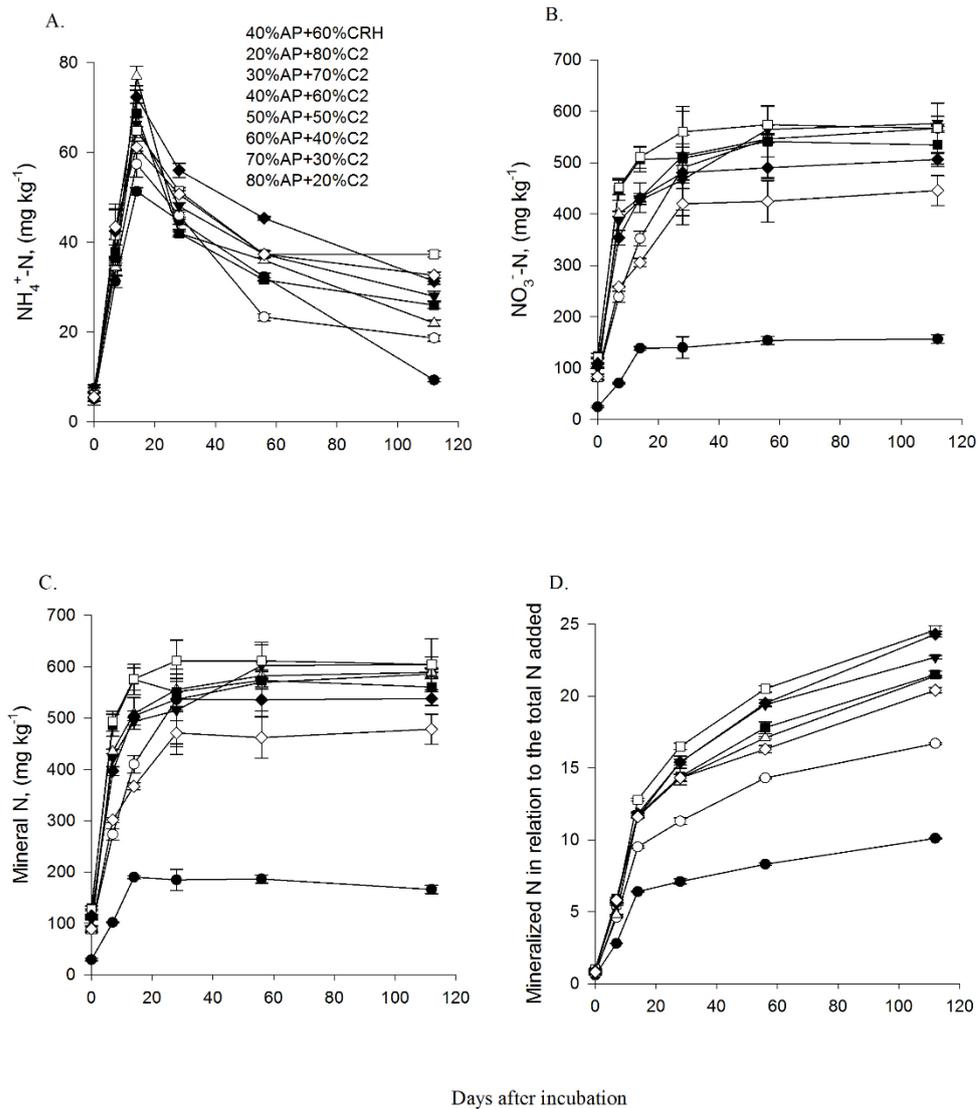


Figure 2 - Contents of NH₄⁺-N (A), NO₃⁻-N (B), mineral N (C), and mineralized N in relation to the total N added (D) in eight substrates over 112 days after incubation. Vertical bars indicate the standard error.

At 28 and 56 DAI, the highest contents of NH₄⁺-N (56 and 45.33 mg NH₄⁺-N kg⁻¹, respectively) were found in the 70% AP + 30% C2 treatment. At 112 DAI, the highest NH₄⁺-N content was found in the 60% AP + 40% C2 treatment. On the other hand, at 14 and 112 DAI, the lowest NH₄⁺-N content was found in the 40% AP + 60% CRH treatment. At 56 DAI, the 20% AP + 80% C2 treatment presented the lowest N-NH₄⁺ content. The N-NO₃⁻ content

increased up to 20 DAI in all the treatments and stabilized after 112 DAI (Figure 2b). At 7 and 14 DAI, the highest NO_3^- -N contents were found in the 50% AP + 50% C2 and 60% AP + 40% C2 treatments (Figure 2b). The lowest NO_3^- -N contents were found in the 40% AP + 60% CRH treatment at all the collection times.

The mineral N content in all the treatments increased up to 20 DAI (Figure 2c). Thereafter, the stabilization of mineral N content was observed in all the treatments up to 112 DAI. The highest values of mineral N at 7 and 14 DAI were found in the 50% AP + 50% C2 and 60% AP + 40% C2 treatments, followed in decreasing order by the 30 % AP + 70% C2, 40% AP + 60% C2, 70% AP + 30% C2, 20% AP + 80% C2, 80% AP + 20% C2. The 40 AP + 60% CRH treatment had the lowest mineral N values at all sampling times. At 28 DAI, the 60% AP + 40% C2 treatment had the largest amount of mineral N ($611.33 \text{ mg kg}^{-1}$), followed by the 30% AP + 70% C2, 40% AP + 60% C2, 50% AP + 50% C2 and 70% AP + 30% C2, which exhibit mineral N content ranging from 493.26 to $574.93 \text{ mg kg}^{-1}$. At 56 and 112 DAI, the mineral N values were stabilized, especially in the 60% AP + 40% C2 treatment, which presented the highest value at all the evaluated times.

The high NH_4^+ -N values found in all the treatments at 20 DAI may be related to the higher initial concentration of NH_4^+ -N present in organic compost C2 (Table 5), used in the preparation of the treatments. This result is consistent with values found by Silva et al. (2009), who evaluated maturation parameters for different organic composts. The rapid increase in NO_3^- -N content at 20 DAI can be attributed to the high initial concentration of NH_4^+ -N present in C2 (Table 5), which is oxidized to NO_2^- -N by bacteria of the genus nitrobacter and subsequently to N-NO_3^- by *Nitrosomonas Cantarella* et al. (2007), increasing its concentration in the substrate. The lowest NO_3^- -N contents in the 40% AP + 60% CRH treatment can be attributed to the low release rate of Nt contained in the treatment (Table 4).

The highest values of mineralized N (%Nmin) in relation to total N over 112 DAI were found in the 60% AP + 40% C2 and 70% AP + 30% C2 treatments (Figure 2d). The 60% AP + 40% CRH treatment showed the lowest mineralized N value in relation to the total N added at all collection times. The highest mineralized N value found in relation to the total N added may be associated to the lower C/N ratio present in the treatments (Table 4), enabling the predominance of the N mineralization process rather than the immobilization process Oliveira et al. (2012).

4.6 CONCLUSIONS

Composts 1, 3 and 4 presented values of total organic carbon, N and pH within the parameters required by legislation. However, they do not present characteristics of mature compost to be used as fertilizer in crops.

Compost 2, which consisted of a 1:1:1 ratio of the mixture of FVW, RH and PM, obtained the best performance among the composts. It exhibited the required values for the following chemical maturation and quality parameters: C/N ratio, TOC, N, P, K, Ca, Fe, Mn, CEC/C, pH and moisture%. Therefore, it can be used as organic fertilizer.

The use of doses of organic compost in the substrate composition promoted the mineralization of N in comparison to the control treatment, especially the 60% AP + 40% C2 treatment, which had the highest mineral N content at all collection times, as well as the highest mineralized N content in relation to the total added, providing 25% of the total N of the treatment at 112 days after incubation.

4.7 REFERENCES

ABRAS – Associação Brasileira de Supermercados. 2015. <http://www.abrasnet.com.br/economia-e-pesquisa/perdas/pesquisa-2015/>, acessado em: 10 de dezembro de 2016.

ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES. 2001. 565p.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**. 37(100): 5444-5453, 2009.

BLANCO, J. M.; LAZCANO, C.; CHRISTENSEN, T. H.; MUÑOZ, P.; RIERADEVALL, J.; MOLLER, J.; ANTÓN, A.; BOLDRIN, A. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment: A review. **Agronomy for Sustainable Development**. 33: 721-732, 2013.

BRASIL. **Instrução Normativa MAPA nº 25, de 23 de julho de 2009**. 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. Diário Oficial da União.

BUENO, P.; TAPIAS, R.; LÓPEZ, F & DÍAZ, M. J. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. **Bioresource Technology**. p. 5069-5077, 2008.

CANTARELLA, H.; et al. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do Solo. 2ª ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 375- 470.

CORRÊA, É. K.; et al. Addition of *Bacillus* sp. inoculums in bedding for swine on a pilot scale: Effect on microbial population and bedding temperature. **Bioresource Technology**, 121: 127-130, 2012.

COSTA, M. S.; et al. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 13(1): 361-379, 2009.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D & REZENDE, M. D. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, São Paulo. p. 640-645, 2013.

DOUBLET, C. J.; POITRENAUD, F. M.; HOUOT, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability, **Bioresource Technology**, 102(2): 1298-1307, 2011.

FERNANDES, I. J. et al. Characterization of rice husk ash produced using different biomass combustion techniques for energy. **Bioresource Technology**, 165: 351-359, 2016.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, 6: 36-41, 2008.

FUKUMOTO, Y. et al. Effects of struvite formation and nitrification promotion on nitrogenous emissions such as NH₃, N₂O and NO during swine manure composting. **Bioresource Technology**, 102: 1468-1474, 2011.

GUIDONI, L. L. C. et al. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **Revista Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, 17(1): 44-51, 2013.

HUBBE, M. A.; NAZHAD, M.; SÁNCHEZ, C. Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: a review. **BioResources**, 5(4): 2808-2854, 2010.

KIEHL, E. J. **Novo Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2010. 492 p.

MEDEIROS, D. C. et al. Quality of lettuce seedlings as a function of substrates with and without biofertilizers. **Horticultura Brasileira**, 26: 186-189, 2008.

MORAIS, E. R. C.; MAIA, C.E. Crescimento da parte aérea e raiz do meloeiro adubado com fertilizante orgânico. **Revista Ciência Agronômica**, 44(3): 505-511, 2013.

OLIVEIRA, L. B. et al. Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos. **Idesia**, 30: 65-73, 2012.

RUGGIERI, L. et al. A study on air filled porosity evolution in sludge composting. **International Journal of Environment and Waste Management**, 9(1): 56-58, 2012.

SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. et al. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. **Bioresource technology**, 78(3): 301-308, 2001.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36: 661-669, 2012.

SILVA, F. A. DE MELO.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4: 67-78, 2009.

SIVAKUMAR, K. et al. Seasonal variations in composting process of dead poultry birds. **Bioresource Technology**, 99: 3708-3713, 2008.

SOUZA, M. S. B. et al. Caracterização Nutricional e Compostos Antioxidantes em Resíduos de Polpas de Frutas Tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(3): 554-559, 2011.

TEDESCO, J. M. et al. **Análise de solo plantas e outros materiais**. Porto Alegre. Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995, p. 174.

WANG, X. et al. Optimizing feeding composition and carbon–nitrogen ratios for improved methane yield during anaerobic co-digestion of dairy, chicken manure and wheat straw. **Bioresource Technology**, 120: 78-83, 2012.

WILSON, M. et al. Sampling poultry litter for nutrient content. **Arkansas Cooperative Extension**. Ser. FSA9519. University of Arkansas, Little Rock, Arkansas. 2006.

YANG, F. et al. Effect of bulking agents on maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting. *Chemosphere*, 93: 1393–1399, 2013.

ZIBILSKE, L. M.; MATERON, L. A. Biochemical properties of decomposition cotton and corn stem and root residues. ***Soil Society America Journal***, 69: 378-386, 2005.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In *Compost: production, quality and use*. **Elsevier Applied Science**: 30-50, 1987.

5 ESTUDO 2 - CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE CULTIVAR DE PORTA-ENXERTO DE NOGUEIRA-PECÃ SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE SUBSTRATO À BASE DE COMPOSTO ORGÂNICO.

5.1 RESUMO

O uso de substrato a base de composto orgânico pode estimular o crescimento de porta-enxertos de Nogueira-Pecã (*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch.). O estudo objetivou avaliar o crescimento e estado nutricional de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã, submetido a aplicação de substrato à base de composto orgânico. Na composição dos tratamentos foram utilizados composto orgânico (C) e turfa agrícola (TA), em nove proporções (v:v): 20%TA+80%C, 30%TA+70%C, 40%TA+60%C, 50%TA+50%C, 60%TA+ 40%C, 70%TA+30%C, 80%TA+20%C. Também foi utilizado turfa agrícola (TA) e casca de arroz carbonizada (CC), na proporção (v:v) 40%TA+60%CC (controle - sem fertilizante mineral), 40%TA+60%CC+NPK, 40%TA+60%CC+NP, 40%TA+60%CC+NK e 40%TA+60%CC+PK. Aos 120 dias após o transplante, as plantas foram coletadas e fracionadas em folhas, caule e raízes. Parâmetros morfológicos e teores de nutrientes foram avaliados em cada órgão. A utilização de composto orgânico produzido com a mistura de RFH, CA e DA (v:v) (1:1:1), na composição de substratos com as proporções 20 a 70%, favoreceram o crescimento vegetativo de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã. As plantas cultivadas nos substratos 40% TA+ 60% CC, 40%TA + 60% CC + PK, 40%TA + 60% CC + NK, 40%TA + 60% CC + PN e 40%TA + 60% CC + NPK apresentaram melhor estado nutricional.

Termos para Indexação: Fertilizante orgânico, produção de mudas, nutrientes, *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch.

Growth and nutritional status of Pecan rootstock subjected to the application of organic compost-based substrates

5.2 ABSTRACT

The use of organic compost-based substrate may promote Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch.) rootstock growth. The study aimed to assess growth and nutritional status of Pecan rootstock cultivar subjected to the application of organic compost-based substrates. Seven ratios of organic compost (C) and agricultural peat (AP) were used for the composition of the treatments (v:v): 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C, 50% AP + 50% C, 60% AP + 40% C, 70% AP + 30% C, 80% AP + 20% C. Additionally, agricultural peat (AP) and carbonized rice husk (CRH) were used in ratios (v:v) of 40% AP + 60% CRH (control, no mineral fertilizer), 40% AP + 60% CRH + NPK, 40% AP + 60% CRH + NP, 40% AP + 60% CRH + NK, and 40% AP + 60% CRH + PK, totaling 12 treatments. After 120 days of transplanting, the plants were collected and fractionated into leaves, stems and roots. Morphological parameters and nutrient contents were assessed in each organ. The use of organic compost produced from the mixture of fruit and vegetable waste (FVW), rice husk (RH) and poultry manure (PM) (v:v, 1:1:1) in the composition of treatments, with the ratios of 20 to 70%, promoted the vegetative growth of Pecan rootstock cultivar. Plants grown in the treatments composed of 40% AP + 60% CRH, 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + NK, 40% AP + 60% CRH + PN and 40% AP + 60% CRH + NPK exhibited the best nutritional status.

Index Terms: Organic fertilizer, seedling production, nutrients, *Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch.

5.3 INTRODUCTION

Brazil produces approximately 2.5 thousand tons of nuts per year from Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch.), which corresponds to only 20% of domestic consumption, and the rest is imported (IBGE, 2015). The insufficient domestic production coupled with the compensatory gains motivates the increase of the area planted with the crop in Brazil, which is currently 2,435 hectares (EMATER, 2014). However, the increase in the crop area has happened slowly and it is one of the reasons attributed to the average period of two years for the production of Pecan seedlings. This long period of seedling production may be associated with the use of inadequate substrates, but which are easy to purchase and cheap (soil, sand, peat, carbonized rice husk, etc.) and used alone or in mixtures. The mixture of 40% agricultural peat and 60% carbonized rice husk is widely used by producers of seedlings, because it is cheap and has good physical quality, providing the substrate with adequate porosity, air space for gas exchange and water storage capacity (DA ROS et al., 2015). However, the mixture of agricultural peat and carbonized rice husk has low nutrient content and consequently low availability of nutrients to young plants (ALMEIDA et al., 2014). In addition, young seedlings of Pecan submitted to pre-planting fertilization with mineral fertilizers do not always exhibit rapid growth after being transplanted into the field. Thus, the use of organic compost-based substrates with or without the addition of mineral fertilizers, may accelerate the growth of plants, reducing the production time in the nursery and even anticipating the start of production (DE MELLO CUNHA et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014), which is not only desirable, but also essential to ensure the earliest possible return on the investment.

Organic waste such as the organic compost used in substrates in nurseries or in pre-planting fertilization with or without the addition of mineral fertilizers is produced through traditional aerobic composting, produced from the mixture of organic solid wastes of plant and animal origin through biological degradation carried out by microorganisms (bacteria, fungi and actinomycetes) to obtain a stabilized material that can be used as a fertilizer (CHANG & HSU, 2008; DOUBLET et al., 2011). Thus, with the composting technique it is possible to reuse waste produced on the premises,

reducing environmental contamination within the premises sometimes caused by the deposition of waste in inappropriate places, and reducing the acquisition of mineral fertilizers, as they can be partially or totally substituted by the organic compost (LIMA et al., 2010). The application of organic composts in the soil promotes the activity of the microbial population (ADANI et al., 2007), the mineralization of nutrients (TOSELLI et al., 2010) and the increase in the total organic carbon content (BALDI et al., 2010; BRUNETTO et al., 2012), which may promote the increase in porosity and water storage (DOMÍNGUEZ et al., 2010; MELO et al., 2012).

With the chemical, physical and biological improvements in substrates, we expect a better root growth of fruit trees such as the Pecan (ELSHALL et al., 2010; NURZYŃSKI et al., 2013). This will favor the absorption of water and nutrients in the soil, which can be diagnosed by analyzing the nutrient content in organs such as the leaves (SILVA et al., 2013; LIU et al., 2014; MELO et al., 2016), as well as stimulate plant growth, which can be diagnosed by the height, increased dry matter production (PAUNOVIĆ et al., 2011; PAUNOVIĆ et al., 2013) and Dickson quality index (DQI) (DICKSON et al., 1960), which is a balanced equation where the relationships of the morphological parameters of the plant are included (GOMES et al., 2013).

However, organic waste, including organic compost, have a low nutrient concentration, and therefore, it is necessary to define the ratios of mixtures of fruit and vegetable waste and rice husk that allow the production of organic fertilizers that provide nutrients in adequate amounts to plants, such as those of Pecan, thus accelerating growth. The study aimed to assess growth and nutritional status of Pecan rootstock cultivar subjected to the applications of organic compost-based substrates.

5.4 MATERIAL AND METHODS

5.4.1 Seedling production and treatments

The experiment was conducted from March to June 2016 in a greenhouse of the Department of Soil Science of the Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), located in the city of Santa Maria (RS). Seedlings of Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch.) rootstock cultivar (Barton variety) were used in the experiment,

produced from sexual propagation (by seed). During initial selection, all the seeds with mass greater than 8.0 g were air dried for three weeks. Then, the proximal part of the seeds was scarified in with the aid of sandpaper P100 in order to break dormancy. Afterwards, the seeds were placed horizontally in 5.0 cm layers, alternating with 5.0 cm of sand + sawdust (1:1 ratio) in plastic trays, which were stored in a cold chamber at $4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ and relative humidity of 80-90% for 90 days. After this period, outside the chamber, each seed was manually transferred into the substrate (40% agricultural peat + 60% carbonized rice husk), which is stored in black polyethylene bags (perforated and suitable for seedling production) with a capacity of $5,000 \text{ cm}^3$. Irrigation was carried out whenever necessary and the substrate was kept moist to field capacity by the weighing method. After six months of sowing, the plants were removed from the substrate, standardized and selected in terms of size and volume, in addition to having the root system washed to remove the substrate, and then transferred immediately to the treatments.

The treatments were composed of mixtures of organic compost (C), agricultural peat (AP) and carbonized rice husk (CRH) (Table 1). The experimental design was randomized blocks with six replicates. The chemical characteristics of the C, AP and CRH are shown in (Table 1). This compost was produced from the mixture of fruit and vegetable waste, poultry manure and rice husk in (v:v) 1:1:1 ratio, subjected to the composting process with manual stirring for a period of 95 days. At the end of composting, the organic compost had the following characteristics: $\text{N-NH}_4^+ = 179.19 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{N-NO}_3^- = 432.79 \text{ mg kg}^{-1}$, total P = 4.11 g kg^{-1} , total K = 29.95 g kg^{-1} , total Ca = 48.32 g kg^{-1} , total Mg = 8.30 g kg^{-1} , total S = 3.68 g kg^{-1} , total B = 3.60 mg kg^{-1} , total Cu = $176.26 \text{ mg kg}^{-1}$, total Fe = $6036.0 \text{ mg kg}^{-1}$, total Mn = $654.95 \text{ mg kg}^{-1}$ and total Zn = $439.77 \text{ mg kg}^{-1}$. The peat used was acquired from a specialized company. The rice husk was derived from a grain processing unit, after carbonization. The mineral fertilizers were applied in solution form, with the following composition: NP (0.12 g of N using $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ as source of N + 3.71 g of P using $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ as a source of P); NK (2.22 g of N using $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ as the source N + 2.00 g of K using KCl as a source of K); PK (4.39 g of P using KH_2PO_4 as source of P and K) and NPK (3.71 g of P using KH_2PO_4 as a source of P + 0.25 g of K using KCl as a source of K + 0.12 g of N using $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

as source of N). The nutrient concentration used followed the recommendation considered suitable for experiments in pots, according to the general recommendation of Malavolta (1981).

The treatments were added into black polyethylene bags, which represent the experimental units. A seedling of Pecan rootstock cultivar was transplanted into each bag. Then, distilled water was added to raise the field capacity to 60%. The experimental units were weighed daily and distilled water was added when necessary to maintain the field capacity at 60%. The mean temperature and relative humidity inside the greenhouse during the experiment were 25°C and 68%, respectively.

5.4.2 Assessment and tissue analysis

At planting time and 112 days after transplanting (DAT), we measured plant height using a graduated scale and stem diameter (mm) using digital calipers. At 112 DAT, SPAD reading was measured on three leaves per plant using a chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta®). The plants were then collected and fractionated into leaves, branches, stems and roots. Each organ was washed with distilled water, dried in an oven with forced air circulation at $65 \pm 5^\circ\text{C}$ until constant weight, and then weighed to determine root dry matter (RDM) and shoot dry matter (SDM). We calculated total dry matter (TDM), SDM/RDM ratio and height/SDM (H/SDM) ratio and Dickson quality index (Equation 1).

$$DQI = TDM / (H/D + (SDM/RDM)) \quad (1)$$

where: TDM = total dry matter; H/D = height/stem diameter; SDM/RDM = shoot dry matter/root dry matter.

The tissues were ground in a Wiley mill, and then subjected to digestion (TEDESCO et al., 1995). The P content was determined in acid extract (MURPHY & RILEY, 1977), in a visible optical spectrometer (SP 1105, BEL Photonics, Brazil). The contents of K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometer (AAAnalyst 200, PerkinElmer, USA). N and TOC contents were determined in CHNS elemental analyzer (FlashEA 1112, Thermo Finnigan, Milan, Italy).

5.4.3 Calculations and statistical analysis

The results were submitted to analysis of variance and when significant the means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability ($P < 0.05$) using SISVAR software (FERREIRA, 2008).

5.5 RESULTS AND DISCUSSION

5.5.1 Morphological parameters and SPAD

The highest values of increase in height were found in the 40% AP + 60% CRH + NK, 40% AP + 60% CRH + NPK, 50% AP + 50% C, 60% AP + 40% C, 70% AP + 30% C and 80% AP + 20% C. On the other hand, the highest values of stem diameter were observed in plants grown in 40% AP + 60% CRH + PK and 40% AP + 60% CRH + NK (Table 3). During rootstock production, stem diameter is considered an essential variable for decision making at the time of grafting, which is commonly done by the cleft technique in Pecan (ANDERSEN, 2004). The largest diameter found in these treatments can be attributed to the lower values of the C/N ratio, which is believed to have promoted the mineralization of nutrients, especially nitrogen and phosphorus (DORES-SILVA et al., 2013; LIU et al., 2014), in the 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C and 50% AP + 50% C treatments, but also to the addition of N, P and K in soluble form in the 40% AP + 60% CRH + NPK, 40% AP + 60% CRH + PK and 40% AP + 60% CRH + NK treatments. As a result, there is an increase in the availability of P, K and N forms, such as ammonium ($N-NH_4^+$) and nitrate ($N-NO_3^-$) in the substrate, which can be absorbed by the plant roots (ACUNÃ-MALDONADO et al., 2003); SMITH et al., 2007).

Thus, the different ratios of the mixtures used in composing the treatments exhibited different responses in the parameters assessed in this study. However, contrary to what was expected, the increase in stem diameter, which is an important parameter to be considered in the formation of the seedling for grafting, exhibited its lowest values in the substrates formulated with doses of organic compost. This response may possibly be related to the high pH of the treatments (pH ranging from 5.8 to 7.1), due to the high pH values found in the organic compost (Table 1). Higher pH values may decrease the

availability of nutrients to plants, especially certain micronutrients such as Zn, Mn and Fe (SMITH et al., 2007). On the other hand, the treatments without organic compost had pH values between 5.5 and 5.6, which favor the adequate availability of nutrients to Pecan (ABREU et al., 2011).

Bostan et al. (2002) and Valeri & Corradini (2005) reported the increase in the growth rate in young seedlings of Pecan, also diagnosed by increased stem diameter when subjected to the application of soluble fertilizers, such as those containing potassium. However, it should also be noted that the increase in height and stem diameter may be attributed in part to the presence of humic substances (SANTOS et al., 2014). The stimulating effects of these substances have been correlated with a fraction of low molecular weight components, which can be absorbed by plants and thus increase the permeability of the cell membrane, exhibiting activity similar to growth inducing hormones (CHEN et al., 2004).

The highest values of the SPAD readings were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + NK, 40% AP + 60% CRH + PN, 40% AP + 60% CRH + NPK, 40% AP + 60% C, 50% AP + 50% C, 60% AP + 40% C and 70% AP + 30% C treatments (Table 3). This probably occurred because of the N mineralization AP and CRH, but also by the supply of nitrogen in the soluble form (LORENSINI et al., 2014). The increase in the availability of N in the treatment may have favored its absorption by the roots and the transport of part of the N to the growing shoot organs, such as the leaves (MORAIS et al., 2013). The N content in the leaves tends to increase chlorophyll concentration, and the SPAD reading is positively correlated with the increase in the color green (PÔRTO et al., 2014).

The highest RDM production was found in plants grown in the 40% AP + 60% C treatment (Table 4). This can be attributed to a higher concentration of N in the treatment and also to the lower C/N ratio, which possibly enabled increased mineralization of N (MOORE et al., 2010), increasing its availability to the plant. On the other hand, the highest SDM production was observed in the plants grown in the 40% AP + 60% CRH, 40% AP + 60% CRH + PN, 40% AP + 60% CRH + NPK, 60% AP + 40% C and 80% AP + 20% C treatments; and the highest TDM production was observed in the 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + PN, 40% AP + 60%

CRH + NPK, 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 50% AP + 50% C and 70% AP + 30% C treatments.

The lowest values of the SDM/RDM ratio were found in the 40% AP + 60% C, 30% AP + 70% C and 70% AP + 30% C treatments. This happened because the plants showed higher production of RDM compared to SDM, which may possibly be associated to the lower concentration of N-NH_4^+ in the treatments. This is because high concentrations of N-NH_4^+ in the substrate can cause phytotoxicity to the plant, thus inhibiting the development of roots (VILLA et al., 2009). The lowest values of the H/SDM ratio were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PN, 20% AP + 80% C and 80% AP + 20% C treatments. According to Kratz et al. (2013), the lower the value of this ratio, the more lignified will be seedling and consequently the greater its ability to adapt and survive in the field, which is desirable.

The highest Dickson quality index (DQI) was found in plants grown in the 40% AP + 60% C treatment. Similarly, Dias et al. (2012) found a DQI of 1.7 in soursop seedlings. Furthermore, the higher the index value, the better is the seedling quality standard (KRATZ et al., 2013).

5.5.2 Nutrient content and distribution in plant organs

The highest N contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + (PN), 40% AP + 60% CRH + NPK, 20% AP + 80% C, 40% AP + 60% C and 60% AP + 40% C treatments (Table 5). On the other hand, the highest N contents in the stems were observed in plants treated with 40% AP + 60% CRH + NK, 40% AP + 60% CRH + (PN), 40% AP + 60% CRH + NPK, 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C, 50% AP + 50% C, 60% AP + 40% C, 70% AP + 30% C and 80% AP + 20% C. In the roots, the highest N contents were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PN, 40% AP + 60% CRH + NPK, 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C, 50% AP + 50% C, 60% AP + 40% C, 70% AP + 30% C and 80% AP + 20% C treatments.

The increase in N content in the leaves, stems and roots can be attributed to increased N concentration in the substrate caused by the higher doses of organic compost (CARNEIRO et al., 2013), which coupled with the lower C/N ratio found in the

treatments formulated with the use of organic compost, may have contributed to increased N mineralization (MOORE et al., 2010). The leaf N content plants grown in all the treatments are below those considered normal (2.5 to 3.0%) for the Pecan (CQFS-RS/SC, 2016). However, the leaf N content is similar to that diagnosed by Zaragoza-Lira et al. (2011) in the leaves of Pecan grown in soil with organic compost application. Nevertheless, we stress that for the determination of nutrients, the contents presented in the literature are of the diagnostic leaf of commercially grown adult plants, which differs from the cultivation conditions and the physiological age and place of those assessed in this study.

The highest P contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH treatment (Table 5). The highest P contents in the shoots were found in plants grown in the 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C and 50% AP + 50% C treatments. On the other hand, the highest P contents in the roots were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + PN and 60% AP + 40% C treatments. The high P contents in 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C and 50% AP + 50% C may be related to the higher P content in the treatments (Table 2), as well as to a possible synchronization between fertilizer mineralization and P uptake by plants (SHARIFI et al., 2014). Part of the P in the substrate may be in organic form and can be gradually mineralized, increasing the inorganic P, which may be absorbed by the root system, supplying at least part of the plant's demand for the nutrient (PELIZZA et al., 2009; NAVA, 2010). The leaf P content of plants grown in all the treatments were considered normal (0.14 and 0.30%).

The highest K contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + NK and 40% AP + 60% CRH + NPK treatments (Table 5). The highest K contents in the shoots were observed in plants grown in the 40% AP + 60% C treatment. In the roots, the highest K contents were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK, 30% AP + 70% C and 70% AP + 30% C treatments. The high K values found in plants may be related to the high initial K contents found in the 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C, 50% AP + 50% C, 60% AP+40% C, 70% AP + 30% C and 80% AP + 20% C treatments. The leaf K content of plants grown in all the treatments were slightly below normal (1.3 to

2.5%) (CQFS-RS/SC, 2016). This can be explained in part by the high concentration of total Ca found in all the treatments (Table 2). A competitive effect with K can be observed in plants grown in substrates with high Ca concentration, reducing its absorption and therefore its content in organs such as leaves (REID et al., 2003; TUNA et al., 2007). This is because a high concentration of Ca in the substrate may cause a decrease in the permeability of the cell membrane, decreasing the K transport mechanism in the plant (JOHANSEN et al., 1975).

The highest Ca contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP+ 60% CRH, 40% AP + 60% CRH + PK e 40% AP + 60% CRH + PN treatments (Table 5). The highest Ca contents in the stems were observed in plants grown in the 40% A + 60% CRH + PN treatment. In roots, the highest Ca contents were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + NPK treatment. The leaf Ca content of plants grown in every treatment, except 40% AP + 60% CRH + PK and 40% AP + 60% CRH + PN, were interpreted as normal (1.3 to 1.7%) (CQFS-RS/SC, 2016). The high contents of Ca found in the treatments may be related to the mineral nitrogen source used in these treatments, which enabled an increase in cell division, possibly increasing leaf area, which increases the transpiration of the plant, favoring the approximation of Ca to the roots by mass flow and subsequent absorption (OJEDA-BARRIOS et al., 2007).

The highest Mg contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP+ 60% CRH, 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + PN, 40% AP + 60% CRH + NPK, 50% AP + 50% C and 70% AP + 30% C treatments (Table 5). The highest Mg contents in the stems were observed in plants grown in the 20% AP + 80% C and 80% AP + 20% C treatments. In the roots, the highest Mg contents were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK and 40% AP + 60% CRH + NPK treatments. The high Mg levels observed in the 40% AP + 60% CRH + PK and 40% AP + 60% CRH + NPK treatments may be related to the lower concentration of K that exhibits negative interaction with Mg (RAGHUPATHI et al., 2002; GARCÍA-HERNÁNDEZ et al., 2006). Thus, plants grown in the substrates that presented high values of K (20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C, 40% AP + 60% C and 80% AP + 20% C) had lower Mg absorption and decreased leaf concentration. The preferential absorption of the K⁺ ion occurs because it is monovalent and has a lower degree of

hydration compared to divalent ones, such as Mg^{2+} and Ca^{2+} (ROSSETTO et al., 2004). The leaf Mg contents in all the treatments were considered normal (0.3 to 0.6%) (CQFS-RS/SC, 2016).

The highest Cu contents in the leaves were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK and 20% AP + 80% C treatments (Table 5). The highest Cu contents in the stems were found in plants grown in the 20% AP + 80% C and 30% AP + 70% C treatments. The highest Cu contents in the roots were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK e 20% AP + 80% C, 20% AP + 80% C, 30% AP + 70% C and 40% AP + 60% C. The high Cu contents found in the organs may be related to high Cu values present in the respective treatments (Table 2). Moreover, the greatest amount of Cu absorbed by the plant may have occurred because of the lower carbon content of the substrates. Thus, the lower will be the amount of Cu complexed and consequently the greater will be its availability (GIROTTTO et al., 2010; TIECHER et al., 2013). The leaf Cu content of plants in all the treatments was considered normal (6 to 30 mg kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2016).

The highest Mn contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK and 40% AP + 60% CRH + PN treatments (Table 5). The highest Mn contents in the stems were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PN and 40% AP + 60% CRH + NPK treatments. In the roots, the highest Mn contents were found in 40% AP + 60% CRH + NPK. The high Mn contents can be attributed to higher concentrations of Mn found in the doses of compost (rich in Mn = 654.95 mg kg⁻¹) added to the treatments (Table 2). The leaf Mn content of plants in all the treatments was interpreted as normal (100 to 800 mg kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2016).

The highest Zn contents in the leaves were found in plants grown in the 40% AP+ 60% CRH, 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + PN, 40% AP + 60% CRH + NPK, 20% AP+ 80% C, 60% AP + 40% C and 70% AP + 30% C treatments (Table 5). The highest Zn contents in the stems were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + PK, 50% AP + 50% C and 60% AP + 40% C treatments. In the roots, the highest Zn contents were observed in plants grown in the 40% AP + 60% CRH + NK and 40% AP + 60% CRH +PN treatments. The high Zn contents in plant organs can be associated to increased Zn concentration in the 20% AP + 80% C, 30% AP +

70% C, 40% AP + 60% C, 50% AP + 50% C, 60% AP + 40% C, 70% AP + 30% C and 80% AP + 20% C treatments. However, the increased Zn concentration in the leaves found in the 40% AP + 60% CRH, 40% AP + 60% CRH + PK, 40% AP + 60% CRH + PN and 40% AP + 60% CRH + NPK treatments could be linked to lower concentrations of P in the treatments (Table 2). This is because high concentrations of P in the substrate may favor the formation of zinc phosphate in the soil solution, which is precipitated, decreasing the availability of Zn to plants and consequently absorption and transport to shoot organs (CORRÊA et al., 2012). Furthermore, we stress that the high micronutrient contents found in leaf and root organs mostly coincide with the lower accumulation of dry matter in these organs (Table 4), supporting the effect of concentration.

5.6 CONCLUSIONS

The results suggest that mixtures ranging from 30 to 50% of agricultural peat and 70 to 50% of organic compost may be the best combination for the growth and nutritional status of Pecan rootstock cultivar. On the other hand, when using the treatment composed of the mixture of 40% agricultural peat and 60% carbonized rice husk, the addition of NPK fertilizer does not change the growth and nutritional status of pecan rootstock.

5.7 REFERENCES

ALMEIDA, J. P. N.; LESSA, B. F. T.; PAIVA, E. P.; ARRAIS, I. G.; TOSTA, M. S. Inoculação de fungo micorrízico e utilização de substratos comerciais para produção de plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 280-285, 2014.

ANDERSEN, P.C The pecan tree. Florida: University of Florida, 2004. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS22900.pdf>. Acesso em: 16 de abril de 2017.

BOSTAN, S. Z., İSLAM, A., YILMAZ, M. Effect Of Potassium Humate On Walnut Seedling Growth. Oregon State University. Corvallis, OR. **Acta Horticulturae**. P.287-290, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016.

CORRÊA, F. D. O.; SOUZA, C. A. S.; CARVALHO, J. D.; & MENDONÇA, V. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 793-796, 2012.

DA ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R.F.; SOMAVILLA, L. Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**. V. 22, n. 4, p. 549-558. 2015.

DE MELLO CUNHA, A.; DE MELLO CUNHA, G.; DE ALMEIDA SARMENTO, R. & DE MELLO, G. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2010.

DICKSON, A. LEAF, A. L. & HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DOMÍNGUEZ, J. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n. 2, p. 359-371, 2010.

EMATER/RS-ASCAR. Cultura da noz pecã: área total, produção e número de produtores. Porto Alegre: EMATER, 2014.

GIROTTTO E.; CERETTA C.A.; BRUNETTO G.; SANTOS D.R.; SILVA L.S.; LORENZI F.; LORENSINI F.; VIERA R.C.B.; SCHMATZ R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 955-965, 2010.

GONÇALVES, E. O.; PETRI, G. M.; CALDEIRA, M. V. W.; DALMASO, T. T.; SILVA, A. G. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 339-348, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Agrícola Municipal 2015. Rio de Janeiro: 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavourapermanente2015>> Acesso em: 28 de maio 2015.

JOHANSEN, C., & LONERAGAN, J. F. Effects of anions and cations on potassium absorption by plants of high potassium chloride content. **Functional Plant Biology**, v. 2 n. 1, p. 75-83, 1975.

LIMA, A.C.R.; BRUSSAARD, D. L. Earthworms as soil quality indicators: local and scientific knowledge in rice management systems. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n. 2, p. 109-116, 2010.

LIU Y.G.; LIU C.C.; WANG S.J.; GUO K.; YANG Y.; ZHANG X.S.; LI G.Q. Concentrations and resorption patterns of 13 nutrients in different plant functional types in the karst region of south-western China. *Annals of Botany*: p. 873-885, 2014.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 594p. 1981.

NAVA, G. Produção e crescimento da macieira ‘fuji’ em resposta à adubação orgânica e manejo de plantas espontâneas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1231-1237, 2010.

OJEDA-BARRIOS, D. L.; FERNANDÉZ, V. F.; CHAVES, S.; RODRIGUES, H. R. Manejo de la nutrición y fertilización em el cultivo del nogal pecanero. Lavado, Producción de pecán en Argentina. Buenos Aires. p. 26, 2007.

PELIZZA, T. R.; MAFRA, A. L.; AMARANTE, C. V. T.; NOHATTO, M. A.; VARGAS, L. Coberturas do solo e crescimento da macieira na implantação de um pomar em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n3, p.739-748, 2009.

SANTOS, N. M.; ACCIOLY, A. M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; SANTOS, J.A.G.; SILVA, I. R. Humic acids and activated charcoal as soil amendments to reduce toxicity in soil contaminated by lead. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 345–351, 2014.

SHARIFI, M.; ZEBARTH, B. J.; MILLER, J. J.; BURTON, D. L.; GRANT, C. A. Soil nitrogen mineralization in a soil with long-term history of fresh and composted manure containing straw or wood-chip bedding, **Nutrient Cycle in Agroecosystems**. v. 99, p. 63-78, 2014.

SMITH, M. W.; ROHLA, C. T.; MANESS, N. O. Correlations of crop load and return bloom with root and shoot concentrations of potassium, nitrogen and nonstructural carbohydrates in pecan. **HortScience**, v 132, p. 44-51, 2007.

TUNA, A. L.; KAYA, C.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H.; YOKAS, I. & YAGMUR, B. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 173-178, 2007.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; 2005. p. 167-190.

VILLA, F.; PASQUAL, M.; PIO, L. A. S.; FRÁGUAS, C. B. & DE REZENDE, J. C. Utilização de nitrato de amônio e de uréia como fontes de nitrogênio na micropropagação de amoreira-preta. **Scientia Agraria**, p. 365-370, 2009.

ZARAGOZA-LIRA, M.M.; RANGEL, P.P.; VIRAMONTES, U.F.; HERNÁNDEZ, J.L.G.; HERNÁNDEZ, M.F.; CASTRUITA, M.A.S.; MURRIETA, A.L.; TAMARGO, E.M. Aplicación de composta en la producción del nogal pecanero. **Revista Chapingo Sérrier.Horticultura**, v.17 n.1 p. 33-37, 2011.

Table 1 - Chemical characterization of the organic matter and treatments applied on the Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation.

Organic matter (OM)	pH	EC	CEC	N	TOC	C/N
	H ₂ O (1:5)	(dSm ⁻¹)	(mmol _c kg ⁻¹)	-----(%)	-----	
Organic compost (C)	8.55	6.76	303.75	1.51	24.19	15.95
Agricultural peat (AP)	5.01	2.24	1040	1.98	40.43	20.45
Carbonized rice husk (CRH)	7.25	0.53	65	0.73	44.03	60.25

Treatments	AP	CRH	C	N	P	K
	-----(%)			----- (mg/pot)		
40% AP + 60% CRH	40	60				
40% AP + 60% CRH + PK	40	60			100	100
40% AP + 60% CRH + NK	40	60		100		100
40% AP + 60% CRH + PN	40	60		100	100	
40% AP + 60% CRH + NPK	40	60		100	100	100
20% AP + 80% C	20		80			
30% AP + 70% C	30		70			
40% AP + 60% C	40		60			
50% AP + 50% C	50		50			
60% AP + 40% C	60		40			
70% AP + 30% C	70		30			
80% AP + 20% C	80		20			

C = organic compost, AP = agricultural peat, CRH = carbonized rice husk, EC = electrical conductivity, CEC = cation exchange capacity N = nitrogen, TOC = total organic carbon, C/N = carbon/nitrogen ratio, P = phosphorus, K = potassium, DM = dry matter.

Table 2 - Nutrient contents in the treatments for the production of Pecan rootstock (Barton variety) produced from sexual propagation.

Treatments	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	C/N
	----- (g kg ⁻¹)						----- (mg kg ⁻¹)						
40%AP+60%CRH	11.7	0.8	3.9	9.3	1.8	2.7	3.3	3.6	137	203	12.4	5.5	31.5
40%AP+60%CRH+PK	11.8	0.9	4.0	9.2	1.6	2.5	3.2	2.8	187	183	11.3	5.6	33.7
40%AP+60%CRH+NK	12.5	0.8	4.3	8.8	1.7	3.0	2.5	3.4	119	192	12.8	5.5	32.3
40%AP+60%CRH+PN	12.1	0.9	3.8	9.7	1.7	2.8	2.7	3.0	214	219	12.1	5.5	33.5
40%AP+60%CRH+NPK	12.3	0.9	4.1	9.5	1.8	3.4	3.0	2.5	179	187	13.0	5.6	32.8
20%AP+80% C	16.5	3.4	24.5	48.2	7.5	3.9	24.4	141.0	4828	523	351.8	7.1	17.7
30%AP+70% C	17.7	4.5	23.2	42.8	8.0	4.1	21.4	123.3	4225	458	307.8	7.0	16.9
40%AP+60% C	18.3	3.8	21.4	48.4	7.3	3.2	18.3	105.7	3621	392	263.8	6.9	16.6
50%AP+50% C	18.5	3.1	14.5	34.4	4.9	3.0	15.3	88.1	3018	327	219.8	6.4	18.5
60%AP+40% C	16.4	4.7	10.2	28.8	4.7	3.5	12.2	70.5	2414	261	175.9	6.3	19.8
70%AP+30% C	18.1	3.3	7.5	22.4	3.1	2.9	9.1	52.8	1810	196	131.9	6.1	21.3
80%AP+20% C	19.8	3.0	7.8	15.5	2.5	2.7	6.1	35.2	1207	185	87.9	5.8	21.1

AP = agricultural peat, CRH = carbonized rice husk, C = organic compost, PK = phosphorus + potassium, NK = nitrogen + potassium, PN = phosphorus + nitrogen and NPK = nitrogen + phosphorus + potassium.

Table 3 - Increase in height and stem diameter and SPAD readings in Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation, subjected to the application of substrates.

Treatments	Increase in height ⁽¹⁾ (cm)	Increase in stem diameter (mm)	SPAD readings
40% AP + 60% CRH	0.076 b ⁽²⁾	0.14 c	8.38 b
40% AP + 60% CRH+ PK	0.070 b	0.27 a	15.29 b
40% AP + 60% CRH+ NK	1.22 a	0.29 a	32.98 a
40% AP + 60% CRH+ PN	0.76 b	0.13 c	41.18 a
40% AP + 60% CRH+ NPK	1.4 a	0.21 c	28.73 a
20% AP + 80% C	0.76 b	0.11 c	12.85 b
30% AP + 70% C	0.93 b	0.11 c	21.50 b
40% AP + 60% C	0.933 b	0.09 c	27.25 a
50% AP + 50% C	1.2 a	0.14 c	28.36 a
60% AP + 40% C	1.2 a	0.13 c	35.65 a
70% AP + 30% C	1.06 a	0.14 c	32.93 a
80% AP + 20% C	1.03 a	0.22 b	21.09 b
CV (%)	13.32	14.50	20.91

(1) Increase in height = final height - initial height. ⁽²⁾ Means followed by the same letter in the column do not differ from one another by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). AP = agricultural peat, CRH = carbonized rice husk, C = organic compost, PK = phosphorus + potassium, NK = nitrogen + potassium, PN = phosphorus + nitrogen, and NPK = nitrogen + phosphorus + potassium. CV = coefficient of variation.

Table 4 - Production of root dry matter (RDM), shoot dry matter (SDM), shoot dry matter-root dry matter ratio (SDM/RDM), total dry matter (TDM), height-shoot dry matter ratio (H/SDM) and Dickson quality index (DQI) in seedlings of Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation, subjected to the application of substrates.

Treatments	RDM	SDM	TDM	SDM/RDM	H/SDM	DQI
	------(g plant ⁻¹)-----					
40% AP + 60%CRH	4.21 c ¹	1.52 a	5.73 b	0.36 a	15.89 b	0.83 b
40% AP + 60%CRH+PK	4.96 c	1.21 b	6.17 b	0.24 b	20.42 a	0.90 b
40% AP + 60%CRH+NK	4.02 c	1.21 b	5.23 b	0.30 a	15.00 b	0.76 c
40% AP + 60%CRH+PN	3.94 c	1.40 a	5.34 b	0.35 a	12.93 c	0.70 c
40% AP + 60%CRH+NPK	4.87 c	1.34 a	6.21 b	0.28 a	15.22 b	1.00 b
20% AP + 80%C	4.66 b	1.06 c	5.72 b	0.22 b	9.19 d	0.88 b
30% AP + 70%C	5.91 b	0.94 c	6.85 a	0.16 c	17.57 b	0.93 b
40% AP + 60%C	6.59 a	1.26 b	7.85 a	0.19 c	15.07 b	1.37 a
50% AP + 50%C	5.63 b	1.30 b	6.93 a	0.23 b	15.22 b	0.92 b
60% AP + 40%C	4.45 c	1.45 a	5.90 b	0.33 a	22.76 a	0.89 b
70% AP + 30%C	5.57 b	0.95 c	6.52 b	0.17 c	15.22 b	0.93 b
80% AP + 20%C	4.24 c	1.61 a	5.85 b	0.38 a	11.40 c	0.79 c
CV (%)	10.58	8.01	14.89	12.11	14.49	8.75

AP = agricultural peat, CRH = carbonized rice husk, C = organic compost, PK = phosphorus + potassium, NK = nitrogen + potassium, PN = phosphorus + nitrogen, and NPK = nitrogen + phosphorus + potassium.

⁽¹⁾ Means followed by the same letter in the column do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). CV = coefficient of variation.

Table 5 - Nutrient contents in the plant tissue (leaf, stem and root) of Pecan rootstock cultivar (Barton variety) produced from sexual propagation, subjected to the application of substrates.

Treatments	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn
	------(g kg ⁻¹)-----					------(mg kg ⁻¹)-----		
	Leaf							
40% AP + 60% CRH	12,87 b ⁽¹⁾	6,73 a	10,12 c	16,89 a	5,04 a	13,64 b	407,90 b	104,74 a
40% AP + 60% CRH + PK	16,79 b	4,31 c	12,26 a	18 a	4,99 a	15,06 a	502,96 a	101,66 a
40% AP + 60% CRH + NK	19,07 b	5,11 b	12,22 a	13,02 b	3,74 b	12,88 b	355,66 b	77,20 b
40% AP + 60% CRH + PN	23,47 a	4,44 c	11,31 c	18,39 a	4,37 a	12,36 b	475,78 a	83,92 a
40% AP + 60% CRH +NPK	21,91 a	4,77 b	12,26 a	14,39 b	4,27 a	8,36 b	409,12 b	92,20 a
20% AP + 80% C	23,12 a	5,11 b	10,90 b	9,16 c	3,36 b	14,60 a	175,02 d	117,00 a
30% AP + 70% C	18,07 b	3,80 d	11,03 b	11,18 c	4,00 b	12,70 b	116,40 d	61,42 b
40% AP + 60% C	23,94 a	3,78 d	10,72 b	10,01 c	3,51 b	11,94 b	100,46 d	54,26 c
50% AP + 50% C	16,64 b	4,30 c	10,99 b	12,91 b	4,48 a	13,16 b	146,68 d	73,02 b
60% AP + 40% C	24,45 a	3,53 d	10,64 b	11,31 c	3,95 b	13,19 b	126,50 d	82,16 a
70% AP + 30% C	16,99 b	3,00 e	10,77 b	12,75 b	4,31 a	12,69 b	201,56 c	93,22 a
80% AP + 20% C	15,81 b	3,15 e	10,68 b	10,62 c	3,40 b	12,42 b	188,36 c	65,70 b
CV (%)	10,58	8,28	5,50	11,08	12,67	8,35	12,16	10,16
	Stem							
40% AP + 60% CRH	10,90 b	3,97 c	6,41 c	14,41 b	2,17 b	0,72 d	102,18 c	59,54 c
40% AP + 60% CRH + PK	10,58 b	4,15 c	6,89 c	13,42 b	2,19 b	1,30 d	138,32 b	77,82 a
40% AP + 60% CRH + NK	17,63 a	4,66 b	7,46 c	12,43 c	1,85 c	1,04 d	131,32 b	55,96 c
40% AP + 60% CRH + PN	15,79 a	4,45 c	6,89 c	16,76 a	2,11 c	1,74 d	166,06 a	50,10 d
40% AP + 60% CRH +NPK	16,99 a	4,88 b	6,80 c	14,07 b	2,27 b	5,42 b	160,84 a	70,24 b
20% AP + 80% C	15,49 a	3,83 c	8,25 b	14,24 b	2,47 a	7,02 a	39,12 d	60,68 c
30% AP + 70% C	15,60 a	5,38 a	8,34 b	12,53 c	2,25 b	7,16 a	32,38 d	45,84 d
40% AP + 60% C	17,94 a	5,22 a	9,71 a	12,24 c	2,01 c	3,66 c	20,22 d	50,24 d
50% AP + 50% C	15,97 a	5,22 a	8,25 b	12,04 c	2,02 c	2,78 c	38,92 d	75,32 a
60% AP + 40% C	16,92 a	4,75 b	8,74 b	10,06 e	2,01 c	5,10 b	38,62 d	83,76 a
70% AP + 30% C	15,40 a	3,88 c	7,33 c	11,22 d	1,94 c	1,88 d	34,90 d	64,26 b
80% AP + 20% C	17,05 a	4,29 b	6,67 c	13,45 b	2,46 a	3,50 c	57,66 d	67,46 b
CV (%)	13,02	5,64	7,53	4,61	4,20	15,10	12,75	9,83
	Root							
40% AP + 60% CRH	13,31 b	4,78 d	8,65 b	9,19 c	1,96 c	5,32 b	116,04 d	69,24 a
40% AP + 60% CRH + PK	12,21 b	7,55 a	11,07 a	9,60 b	2,39 a	7,32 b	148,30 c	68,60 a
40% AP + 60% CRH + NK	14,63 b	5,27 c	10,10 b	9,87 b	2,06 b	6,54 b	153,10 c	47,32 b
40% AP + 60% CRH + PN	16,37 a	6,71 a	9,05 b	7,40 d	1,68 d	2,10 c	191,10 b	44,98 b
40% AP + 60% CRH +NPK	15,87 a	6,28 b	8,39 b	10,84 a	2,25 a	2,84 c	256,04 a	64,78 a
20% AP + 80% C	18,49 a	5,71 c	8,91 b	8,97 c	2,14 b	13,68 a	61,26 e	80,72 a
30% AP + 70% C	17,52 a	5,35 c	11,42 a	8,35 c	1,96 c	12,64 a	47,72 f	61,14 a
40% AP + 60% C	19,47 a	6,29 b	9,49 b	9,99 b	2,13 b	12,74 a	61,94 e	74,50 a
50% AP + 50% C	16,51 a	6,24 b	9,79 b	7,65 d	1,89 c	7,56 b	34,20 f	60,20 a
60% AP + 40% C	18,14 a	6,93 a	10,15 b	7,45 d	1,80 c	6,06 b	59,02 e	70,30 a
70% AP + 30% C	15,97 a	6,10 b	11,51 a	5,11 e	1,47 e	3,96 c	37,26 f	61,74 a
80% AP + 20% C	18,19 a	4,49 d	9,36 b	5,68 e	1,87 c	1,58 c	63,60 e	68,98 a
CV (%)	13,24	8,04	9,33	6,50	5,48	12,88	11,09	11,11

AP = agricultural peat, CRH = carbonized rice husk, C = organic compost, P = phosphorous, N = Nitrogen, K = potassium. ⁽¹⁾ Means followed by the same letter in the column do not differ by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). CV = coefficient of variation.

6 DISCUSSÃO GERAL

O presente trabalho foi composto por dois estudos intitulados:

Estudo 1 - *Composição e mineralização de compostos orgânicos derivados da compostagem de resíduos de frutas e hortaliças e;*

Estudo 2 - *Crescimento e estado nutricional de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã submetido a aplicação de substrato à base de composto orgânico.*

No Estudo 1 nós verificamos que as doses de resíduos de frutas e hortaliças adicionadas semanalmente à pilha de compostagem não apresentaram diferenças no padrão de temperatura desenvolvido durante o processo de decomposição. Mas, proporcionaram melhorias em parâmetros químicos dos compostos orgânicos produzidos, como aumento dos teores de COT, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn, e diminuição da relação C/N; aumento nos teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N mineral, CE e CTC em todos os tratamentos avaliados. Apesar de ser observada uma melhoria nos parâmetros avaliados, devido a adição das doses semanais de resíduos de frutas e hortaliças, nos compostos C1, C3 e C4 os resultados não foram suficientes para que os parâmetros atingissem os níveis necessários exigidos pela legislação de fertilizantes orgânicos, demonstrando que, mesmo com as adições semanais de resíduos de frutas e hortaliças à mistura em compostagem, é necessário uma fonte adicional de nutrientes.

A adição de dejetos de aves na composição do composto C2, proporcionou aumento do teor de nutrientes, especialmente o N total, que possibilitou uma maior atividade microbológica de decomposição dos resíduos, desenvolvendo as maiores temperaturas no interior da pilha de resíduos durante a compostagem, que se manteve acima dos 40°C até os 70 dias após o início do processo. Isso pode ter contribuído, possivelmente, para uma maior evaporação de água da massa em compostagem, conferindo ao composto um teor de umidade final de 45,34%, abaixo do teor máximo permitido pela legislação de fertilizantes orgânicos (50%).

O composto C2 apresentou as melhores respostas dentro do intervalo considerado ideal nos parâmetros químicos COT, N total, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e umidade, assim como obteve melhor resultado nos parâmetros de maturação relação C/N e CTC/C. O Ca foi o nutriente que apresentou maior valor de concentração entre os nutrientes avaliados, com destaque para o composto C2. Este resultado pode estar relacionado à alta concentração inicial de Ca encontrada nos dejetos de aves, que foram utilizados na produção do composto. O presente resultado reforça a ideia de que os teores de nutrientes dos fertilizantes orgânicos são dependentes do material de origem (Gómez-Brándon et al., 2015).

As relações C/N e CTC/C observadas no composto C2, demonstram que este composto orgânico atingiu a maturação e está pronto para ser utilizado como fonte de nutrientes as plantas (BRASIL, Instrução Normativa MAPA nº 25, 2009). A baixa relação C/N observada no composto C2 se deve principalmente ao elevado consumo de carbono orgânico, por causa da grande atividade decompositora da população microbiana, que refletem a grande proporção de material decomposto durante a compostagem (Benito et al., 2009; Rivera-Rosario, 2013). A relação C/N pode ser utilizada como parâmetro de maturação de compostos orgânicos, com uma faixa de variação de 10/1 e 18/1 (Lazcano et al., 2008).

No experimento 2, as adições de compostos orgânicos na composição dos tratamentos (substratos), promoveram um aumento no pH do substrato mantendo-se num intervalo entre 6,13 a 7,16. O tratamento 40%TA+60%CC apresentou o valor de pH dentro da faixa considerada ideal para substratos orgânicos, entre 5,2 a 5,5 (Kämpf, 2000). Os maiores valores de pH podem estar relacionados ao pH elevado do composto orgânico (8,55), utilizado na composição dos tratamentos, que proporcionou também o aumento nos teores de NT e, conseqüentemente, redução da relação C/N.

A CE teve seus maiores valores nos tratamentos 20%TA+80%C, 30%TA+70%C e 40%TA+60%C. Este resultado pode estar relacionado à alta concentração inicial de sais presentes nos dejetos de aves, utilizados na produção do composto orgânico, que favoreceu o aumentando da quantidade de íons em solução, resultando em altos valores de CE (Bar et al., 2012). Para a produção de mudas, (Delarmelina et al., 2014), relata que que a CE de 5 dSm^{-1} é o limite máximo, o que está de acordo com os resultados obtidos neste estudo. A maior proporção de turfa reduziu os valores de pH e a CE no tratamento 80%TA+20%C.

Os resultados deste mesmo experimento 2, mostram que a hipótese de maior mineralização de N atribuída ao tratamento 20%TA+80%C, não foi confirmada, o que se observou foi que os tratamentos 40%TA+60%C, 50%TA+50%C, 60%TA+40%C e 70%TA+30%C apresentaram maior liberação de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N mineral, que pode estar relacionado a maior concentração de Ntotal presente na turfa agrícola 1,98%. O tratamento 60%TA+40%C se destacou nos teores de N-NO_3^- , N mineral e N mineralizado ao longo dos 112 dias após a incubação. Este resultado está de acordo com o observado por (Schmitz et al., 2012), relataram que a melhor relação de mistura turfa:composto 2:1 (v:v), na composição de substratos, apresentou melhor resposta no crescimento do sistema radicular e parte aérea de plantas cultivadas em recipientes. Esta relação de mistura apresentou os melhores valores referente aos parâmetros físicos espaço aéreo (EA) e porosidade total (PT), que não foram

avaliados neste trabalho. Estes dois parâmetros favorecem as trocas gasosas e a atividade da população microbiana no substrato, aumentando a taxa de mineralização do N.

Aos 30 dias após a incubação foi observado uma estabilização nos teores de N mineral em todos os tratamentos avaliados, até a última coleta realizada aos 112 dias, este resultado pode estar relacionado com o esgotamento das fontes de carbono lábil disponível aos microrganismos decompositores. Neste sentido, a casca de arroz utilizada como principal fonte de carbono apresenta em sua constituição 50% celulose, 30% lignina e 20% constituintes inorgânicos, dentre os quais a sílica está presente em maior concentração (Larbi et al., 2011). Após passar por processo de compostagem a casca de arroz apresenta junto ao composto orgânico resultante, o carbono de mais difícil decomposição, diminuindo dessa forma, a fonte de energia prontamente disponível aos microrganismos, influenciando na diminuição da mineralização de N do composto orgânico (Oliveira et al., 2012).

No Estudo 2, foi verificado na produção de mudas de Nogueira-Pecã que a utilização de composto orgânico produzido à base de resíduos de frutas e hortaliças na composição dos tratamentos, favoreceu o incremento em altura das mudas produzidas com os seguintes tratamentos 80%TA+20%C, 70%TA+30%C, 60%TA+40%C e 50%TA+50%C, assim como favoreceu o acúmulo de matéria seca da parte aérea, matéria seca total e relação altura/massa seca da parte aérea, nas mudas produzidas com o tratamento 20%TA+80%C, o que está de acordo com a hipótese sugerida, este resultado pode estar relacionado ao maior teor de nutrientes presente no composto orgânico utilizado em maior proporção neste tratamento. Desta forma, as plantas produzidas com o tratamento 30%TA+70%C, apresentaram os maiores valores nos parâmetros, massa seca total, índice de qualidade de Dickson e relação massa seca da parte aérea/ massa seca de raiz.

Os teores de nutrientes em folhas das plantas foram interpretados como adequados para a Nogueira-Pecã (CQFS-RS/SC, 2016), sendo os teores com o N ligeiramente abaixo da classe de interpretação normal em todos os tratamentos avaliados.

Como visto acima, a utilização de composto orgânico na formulação de substratos para produção de mudas, apresentou bons resultados no desenvolvimento e teor de nutrientes em folhas de cultivar de porta-enxerto de noqueira-pecã, o que comprova que os substratos se mostraram adequados para disponibilizar nutrientes as plantas. O maior crescimento das mudas nos substratos alternativos, utilizados na ausência de fertilizante mineral, pode representar redução da necessidade de utilização de insumos externos e contribuir para a redução de custo de produção. Para a produção de mudas de cultivar de porta-enxerto de Nogueira-Pecã, o composto orgânico utilizado na composição dos substratos juntamente com a turfa agrícola,

demonstraram potencial para substituir o substrato 40%TA+60%CC utilizado pelas empresas produtoras de mudas.

Para ser competitiva e sustentável tanto econômico quanto ambientalmente, atendendo às demandas da sociedade, a compostagem necessita ser uma atividade que invista em estratégias e tecnologias que busquem à mitigação de possível poluição ambiental ocasionada pelos resíduos orgânicos das mais diversas origens. A gestão de resíduos orgânicos como os de frutas e hortaliças é, ainda, um dos entraves a ser superado pelos administradores públicos, produtores, mercado distribuidor e consumidores, na chamada responsabilidade compartilhada, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

A compostagem, mesmo sendo uma interessante alternativa para reduzir o impacto ambiental gerado pela disposição inadequada dos resíduos de frutas e hortaliças, ainda apresenta resistência por parte do produtor de mudas, devido em grande parte a sua baixa concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio, perdido através da emissão de amônia e perda dos demais nutrientes lixiviados com a formação de chorume, em processos de compostagem mau conduzidos.

Frente ao exposto, sugerem-se as seguintes temáticas para estudos futuros visando à melhoria do processo de compostagem, com o objetivo de obter um composto orgânico de qualidade, com parâmetros químicos de maturação e qualidade de acordo com a legislação de fertilizantes orgânicos:

- Utilizar diferentes materiais estruturantes (seco), na composição das pilhas em compostagem como, maravalha, serragem de madeira, bagaço de milho, entre outros;
- Verificar o efeito do uso combinado de diferentes fontes de dejetos, de aves, bovino, suíno, caprino sobre o desenvolvimento do processo de compostagem e seus parâmetros de controle (temperatura, umidade e pH);
- Utilizar outras estratégias de tratamento como a vermicompostagem, em paralelo a compostagem;
- Avaliar a periodicidade de aplicação de RFH e de revolvimentos;
- Verificar a adição de fontes minerais de nutrientes como, pó de rocha, pó de osso, farinha de sangue, entre outros, no enriquecimento dos teores de nutrientes do composto;
- Avaliar os parâmetros físicos como espaço aéreo, porosidade, capacidade de armazenamento de água dos substratos;
- Avaliar a disponibilização de fósforo e potássio do composto orgânico nos substratos;
- Verificar a marcha de absorção de nitrogênio na planta;
- Avaliar o composto orgânico em adubação de plantio de frutíferas à campo.

6.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bar, A.; Razaphkovsky, V.; Vax, E. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens. **British Poultry Science**, v.43, n.2, p.261-269, 2012.

Benito, M.; Masaguer, A.; Moliner, A.; Arrigo, N.; Palma, R.; Efron, D. Evaluation of maturity and stability of pruning waste compost and their effect on carbon and nitrogen mineralization in soil. **Biology and Fertility of Soils**, Madrid, v.170, n.5, p.360-370, 2009.

Brasil. **Instrução Normativa MAPA nº 25, de 23 de julho de 2009**. 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. Diário Oficial da União, 28 jul. 2009.

Brasil. Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União 2010; 3 ago. acessado 2016 dez 15.

Comissão de química e fertilidade do solo - CQFSRS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016.

Delarmelina, W. M.; Caldeira, M. V. W.; Faria, J. C. T.; Gonçalves, E. O.; Rocha, R. L. F. Diferentes Substratos para a Produção de Mudanças de *Sesbania virgata*, **Floresta e Ambiente**. v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

Gómez-Brandón, M. et al. Effects of Compost and Vermicompost Teas as Organic Fertilizers. In: S. Sinha & K. Pant (Eds.) **“Fertilizer Technology**, v. 1, p. 301-318, 2015.

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

Larbi, K. K.; Barati, M.; Mclean, A. Reduction behaviour of rice husk ash for preparation of high purity silicone. **Canadian Metallurgical Quarterly**. V. 50, n. 4, p. 341-349. 2011.

Lazcano, C.; Gómez-Brandón, M.; Domínguez, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere** v. 72, 1013 - 1019, 2008.

Oliveira, L. B.; Accioly, A. M. A.; Menezes, R. S. C.; Alves, R. N.; Barbosa, F. S.; Santos, C. L. R. Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos. **Idesia**, v. 30, p. 65-73, 2012.

Pôrto, M. L.; Puiatti M.; Fontes, P. C. R.; Cecon, P. R.; Alves, J. C.; Arruda, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 292-296, 2014.

Rivera-Rosario, R.A. **Determinacion de indicadores de madurez em la produccion de composta**. Universidad de Puerto Rico, 127p. (Dissertação de Mestrado). 2013.

Schmitz, J.A.K. et al. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 937-944, 2012.

ANEXO

ANEXO A. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009

O SECRETÁRIO DE DEFESA AGROPECUÁRIA, DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, no uso das atribuições que lhe conferem os arts. 9º e 42, do Anexo I, do Decreto nº 5.351, de 21 de janeiro de 2005, tendo em vista o disposto no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamentou a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, na Instrução Normativa nº 10, de 6 de maio de 2004, e o que consta do Processo nº 21000.004194/2007-77, resolve:

.Art. 1º Aprovar 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, na forma dos Anexos à presente Instrução Normativa.

.Art. 2º Esta Instrução Normativa entra em vigor 90 (noventa) dias após a data de sua publicação.

.Art. 3º Fica revogada a [Instrução Normativa SDA nº 23, de 31 de agosto de 2005](#).

INÁCIO AFONSO KROETZ

ANEXO I

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

CAPÍTULO I

DAS DEFINIÇÕES

Art. 1º Para efeito desta Instrução Normativa, entende-se por:

I - lodo de esgoto: matéria-prima proveniente do sistema de tratamento de esgotos sanitários, possibilitando um produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes;

II - vermicomposto: produto resultante da digestão, pelas minhocas, da matéria orgânica proveniente de esterco, restos vegetais e outros resíduos orgânicos, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes;

III - composto de lixo: produto obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes;

IV - fertilizante orgânico e organomineral foliar: produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação na parte aérea das plantas;

V - fertilizante orgânico e organomineral para fertirrigação: produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação via sistemas de irrigação;

VI - fertilizante orgânico e organomineral para hidroponia: produto de natureza fundamentalmente orgânica, que se destina à aplicação em sistemas de cultivo sem solo ou hidropônico;

VII - fertilizante orgânico e organomineral para sementes: produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação via tegumento de sementes;

VIII - fertilizante orgânico e organomineral em solução para pronto uso: produto de natureza fundamentalmente orgânica, em solução verdadeira já diluída e em condições de pronto uso por aspersão na parte aérea das plantas ou como solução nutritiva para hidroponia ou cultivo em vaso;

IX - fertilizante orgânico e organomineral fluido: produto de natureza fundamentalmente orgânica cuja natureza física é líquida, quer seja solução ou suspensão;

X - fertilizante orgânico e organomineral em solução: produto de natureza fundamentalmente orgânica fluido, sem partículas sólidas;

XI - fertilizante orgânico e organomineral em suspensão: produto de natureza fundamentalmente orgânica, fluido, com partículas sólidas em suspensão, podendo ser apresentado com fases distintas, no caso de suspensões heterogêneas, ou sem fases, no estado líquido, no caso de suspensões homogêneas;

XII - fertilizante orgânico e organomineral complexado: produto de natureza fundamentalmente orgânica que contém em sua composição Cálcio, Magnésio ou micronutrientes ligados quimicamente a um ou mais agentes complexantes;

XIII - fertilizante orgânico e organomineral quelatado: produto de natureza fundamentalmente orgânica que contém em sua composição Cálcio, Magnésio ou micronutrientes ligados quimicamente a um ou mais agentes quelantes;

XIV - declaração: indicação da quantidade de nutrientes, propriedades e características do produto, garantidas de acordo com os limites estabelecidos;

XV - garantia: indicação da quantidade percentual em peso de cada elemento químico, ou de qualquer outro componente do produto, incluindo também a data de validade;

XVI - teor declarado ou garantido: o teor de um elemento químico, nutriente, ou do seu óxido, ou de qualquer outro componente do produto que, em obediência à legislação específica, deverá ser nitidamente impresso no rótulo, ou na etiqueta de identificação ou em documento relativo a um fertilizante;

XVII - fertilizante a granel: produto armazenado, depositado ou transportado sem qualquer embalagem ou acondicionamento;

XVIII - índice salino: valor que indica o aumento da pressão osmótica produzido por um determinado fertilizante, em comparação com nitrato de sódio, índice salino = 100 (cem);

XIX- capacidade de troca catiônica (CTC): quantidade total de cátions adsorvidos por unidade de massa, expresso em mmolc/kg;

XX - condutividade elétrica: é a capacidade de uma solução de conduzir corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos, sendo o valor expresso em miliSiemens por centímetro (mS/cm).

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO

Art. 2º Os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais serão classificados de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção em:

I - Classe "A": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II - Classe "B": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

III - Classe "C": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e

IV - Classe "D": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura. >

CAPÍTULO III

DAS GARANTIAS E ESPECIFICAÇÕES

Seção I

Da Natureza Física

Art. 3º Os fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, de acordo com a sua natureza física, terão as especificações estabelecidas nos parágrafos seguintes.

§ 1º Produto sólido: constituído de partículas ou frações sólidas, apresentando-se como se segue:

I - para granulado, pó, farelado e farelado grosso:

NATUREZA FÍSICA	ESPECIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA		
	Peneira	Passante	Retido
Granulado	4 mm (ABNT nº 5) 1 mm (ABNT nº 18)	95% mínimo 5% máximo	5% máximo 95% mínimo
Pó	2,0 mm (ABNT nº 10) 0,84 mm (ABNT nº 20) 0,3 mm (ABNT nº 50)	100% 70% mínimo 50% mínimo	0% 30% máximo 50% máximo
Farelado	3,36 mm (ABNT nº 6) 0,5 mm (ABNT nº 35)	95% mínimo 25% máximo	5% máximo 75% mínimo
Farelado Grosso	4,8mm (ABNT nº 4) 1,0 mm (ABNT nº 18)	100% 20% máximo	0% 80% mínimo

II - para os fertilizantes orgânicos e biofertilizantes que não atendam às especificações granulométricas constantes do inciso I, deste parágrafo, do rótulo ou etiqueta de identificação deverá constar a expressão: "PRODUTO SEM ESPECIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA".

§ 2º Produto fluido: que se apresenta no estado de solução ou suspensão, em que se indique obrigatoriamente a sua densidade e as suas garantias em percentagem mássica (peso de nutrientes por peso de produto) e em massa por volume (gramas por litro), devendo a indicação desta última ser feita entre parênteses, com a mesma dimensão gráfica, podendo ser apresentado como:

I - solução verdadeira: solução com ausência de sólidos suspensos e sem qualquer possibilidade de separação física entre os componentes, ou seja, soluto e solvente;

II - suspensão homogênea: dispersão composta de uma fase líquida, que é uma solução verdadeira ou apenas um dispersante, e outra fase de sólidos em suspensão, mas que fica homogeneamente dispersa na fase líquida; a dispersão fluida homogênea pode apresentar separação de fases, mas só após longo período de decantação, mas a homogeneidade da suspensão deve ser recomposta facilmente por agitação; e

III - suspensão heterogênea: dispersão composta de, pelo menos, uma fase líquida predominante, que é uma solução verdadeira ou apenas um dispersante, e uma ou mais fases de sólidos em suspensão, que só ficam homogeneamente dispersos na fase líquida sob vigorosa agitação; cessando a agitação, pode ocorrer rápida separação de fases; a dispersão fluida heterogênea geralmente apresenta viscosidade e densidades elevadas.

§ 3º Produto pastoso ou gel: que se apresenta em estado ou consistência gelatinosa ou pastosa.

Seção II

Dos Macronutrientes Primários

Art. 4º Os fertilizantes sólidos ou fluidos para aplicação no solo terão a forma e solubilidade dos nutrientes indicadas como percentagem mássica, tal como é vendido, como segue, exceto nos casos em que se preveja expressamente a sua indicação de outro modo:

I - em Nitrogênio (N), o teor total;

II - em Pentóxido de Fósforo (P₂O₅):

a) para os fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos:

teor total;

b) para fertilizantes organominerais para aplicação no solo:

1. para os produtos que contenham concentrados apatíticos, fosfatos naturais, fosfatos naturais reativos, termofosfatos, escórias de desfosforação e farinha de ossos, ou a mistura destes com fosfatos acidulados, teor solúvel em CNA mais água ou em ácido cítrico a 2% (dois por cento), relação 1:100 (um para cem); e

2. para os produtos que contenham fosfatos acidulados e parcialmente acidulados, teor solúvel em citrato neutro de amônio mais água;

III - em óxido de potássio (K₂O), o teor solúvel em água.

Parágrafo único. Fará parte do índice N-P-K, N-P, N-K ou PK a percentagem de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2% (dois por cento), relação 1:100 (um para cem) ou solúvel em citrato neutro de amônio mais água, conforme o caso.

Art. 5º Para os produtos fluidos e sólidos para aplicação foliar, para fertirrigação e para hidroponia, a garantia de cada macronutriente primário constante do certificado de registro será expressa, como se segue, em percentagem mássica (peso de nutrientes por peso de produto) e, para os fertilizantes fluidos também em massa por volume (gramas por litro), devendo a indicação desta última ser feita entre parênteses, com a mesma dimensão gráfica:

I - em Nitrogênio (N), o teor solúvel em água;

II - em Pentóxido de Fósforo (P₂O₅), o teor solúvel em água;e

III - em Óxido de Potássio (K₂O), o teor solúvel em água.

Seção III

Dos Macronutrientes Secundários e Micronutrientes

Art. 6º Nos produtos com macronutrientes secundários, micronutrientes ou ambos, estes serão indicados na sua forma elementar, com as garantias expressas em percentagem mássica, quando se tratar de produto sólido, e em percentagem mássica e em massa/volume (gramas por litro), no caso de produto fluido, devendo a indicação da garantia em massa/volume ser feita entre parênteses, mantendo-se a mesma dimensão gráfica da garantia expressa em percentagem mássica, sendo que, para os produtos com macronutrientes secundários e/ou micronutrientes para aplicação no solo e para aplicação via foliar, fertirrigação e hidroponia, as garantias mínimas não poderão ser inferiores a:

NUTRIENTE	TIPO DO FERTILIZANTE ORGÂNICO			
	Teor Total Mínimo-%		Teor Solúvel em H ₂ O	
	APLICAÇÃO NO SOLO		VIA FOLIAR, FERTIRRIGAÇÃO E HIDROPONIA	
	Sólido	Fluido	Sólido	Fluido
Cálcio (Ca)	1	0,5	0,5	0,3
Magnésio (Mg)	1	0,5	0,5	0,3
Enxofre (S)	1	0,5	0,5	0,3
Boro (B)	0,03	0,01	0,02	0,01
Cloro (Cl)	0,1	0,1	0,1	0,1
Cobalto (Co)	0,005	0,005	0,005	0,005
Cobre (Cu)	0,05	0,05	0,05	0,05
Ferro (Fe)	0,2	0,1	0,1	0,02
Manganês (Mn)	0,05	0,05	0,1	0,02
Molibdênio (Mo)	0,005	0,005	0,02	0,005

Níquel (Ni)	0,005	0,005	0,005	0,005
Silício (Si)	1,0	0,5	0,5	0,05
Zinco (Zn)	0,1	0,05	0,1	0,05

Seção IV

Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos e Compostos

Art. 7º Os fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos para aplicação no solo deverão atender o seguinte:

I - para os produtos sólidos: as garantias serão, no mínimo, de acordo com as constantes dos Anexos II e III desta Instrução Normativa;

II - para os produtos fluidos:

a) carbono orgânico: mínimo de 3% (três por cento);

b) para os macronutrientes primários, conforme declarado no processo de registro pelo fabricante ou importador;

c) para os macronutrientes secundários e micronutrientes, quando garantidos no produto, deverá ser observado o disposto no art. 6º deste Anexo.

Seção V

Fertilizantes Organominerais

Art. 8º Os fertilizantes organominerais terão as especificações, garantias e características estabelecidas nos parágrafos seguintes.

§ 1º Para os produtos sólidos para aplicação no solo:

I - carbono orgânico : mínimo de 8% (oito por cento);

II - umidade máxima: 30% (trinta por cento);

III - CTC mínimo: 80 (oitenta) mmolc/kg; e

IV - quanto aos macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados do produto, estes deverão ter no mínimo:

a) para os produtos com macronutrientes primários produzidos e comercializados isoladamente (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK): 10% (dez por cento), podendo a estes produtos serem adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes desde que observado o disposto no art. 6º deste Anexo; ou

b) para os produtos com macronutrientes secundários isoladamente ou em misturas destes: 5% (cinco por cento), podendo a estes produtos serem adicionados micronutrientes desde que observado o disposto no art. 6º deste Anexo, ou macronutrientes primários, desde que se garanta no mínimo 1% para cada um deles; ou

c) para os produtos com micronutrientes isoladamente ou em misturas destes, 4% (quatro por cento), podendo a estes produtos serem adicionados macronutrientes secundários desde que observado o disposto no art. 6º deste Anexo, ou macronutrientes primários, desde que se garanta no mínimo 1% para cada um deles.

§ 2º Para os produtos fluidos para aplicação no solo:

I - carbono orgânico: mínimo de 3% (três por cento);

II - quanto aos macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados do produto, estes deverão ter no mínimo:

a) para os produtos com macronutrientes primários produzidos e comercializados isoladamente (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK): 3% (três por cento), podendo a estes produtos serem adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes desde que observado o disposto no art. 6º deste Anexo;

b) para os produtos com macronutrientes secundários isoladamente ou em misturas destes: 2% (dois por cento), podendo a estes produtos serem adicionados micronutrientes desde que

observado o disposto no art. 6º deste Anexo, ou macronutrientes primários, desde que se garanta no mínimo 1% para cada um deles; ou

c) para os produtos com micronutrientes isoladamente ou em misturas destes, 1% (um por cento), podendo a estes produtos serem adicionados macronutrientes secundários desde que observado o disposto no art. 6º deste Anexo, ou macronutrientes primários, desde que se garanta no mínimo 1% para cada um deles.

880437-5>

Seção VI

Fertilizantes Foliare e para Fertirrigação

Art. 9º Sem prejuízo do disposto no art. 6º deste Anexo e ressalvados os produtos novos que deverão atender ao disposto no [art. 15, do Anexo do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004](#), os fertilizantes orgânicos, quando destinados à aplicação foliar ou fertirrigação, deverão conter um ou mais nutrientes de plantas na forma totalmente solúvel em água, tendo as especificações e garantias mínimas estabelecidas nos parágrafos seguintes.

§ 1º Para os fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos:

I - quando sólidos, carbono orgânico mínimo de 15% (quinze por cento);

II - quando fluidos, carbono orgânico mínimo de 8% (oito por cento);

III - a(s) garantia(s) para o(s) macronutriente(s) primário(s) deverão atender no mínimo aos valores estabelecidos nos Anexos II e III para cada tipo de produto e a garantia dos macronutrientes secundários e micronutrientes não poderão ser inferiores àquelas constantes do art. 6º deste Anexo.

§ 2º Para os fertilizantes organominerais:

I - quando sólidos, carbono orgânico mínimo de 8% (oito por cento);

II - quando fluidos, carbono orgânico mínimo de 6% (seis por cento);

III - em relação aos macronutrientes primários comercializados isoladamente ou em misturas, as garantias não poderão ser inferiores a:

ELEMENTO (% MÍNIMA SOLÚVEL EM ÁGUA)		
Nitrogênio (N)	Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	Óxido de Potássio (K ₂ O)
1	1	1

IV - em relação aos macronutrientes secundários e aos micronutrientes, as garantias não poderão ser inferiores àquelas estabelecidas no art. 6º deste Anexo.

V - o produto sólido deverá ser solúvel em água na maior relação soluto/solvente recomendada pelo fabricante para a sua aplicação, permitindo-se uma tolerância de até 1% (um por cento) em peso de resíduo sólido do produto acabado.

§ 3º Para os produtos para fertirrigação, deverão ser declaradas também as seguintes informações:

I - solubilidade do produto em água a 20°C (vinte graus Celsius), expressa em g/L (gramas por litro), para os produtos sólidos;

II - índice salino.

Art. 10. Nos fertilizantes em solução para pronto uso, as garantias e especificações serão aquelas informadas pelo fabricante ou importador.

Parágrafo único. Obrigatoriamente, o rótulo deverá trazer também informações sobre o índice salino, potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica, expressa em mS/cm (miliSiemens por centímetro).

Seção VII

Biofertilizantes

Art. 11. Para os biofertilizantes, desde que respaldadas pela pesquisa oficial brasileira, as garantias e especificações serão aquelas declaradas no processo de registro do produto.

Seção VIII

Fertilizantes Para Cultivo Hidropônico

Art. 12. Os fertilizantes organominerais, quando destinados ao cultivo hidropônico, deverão apresentar os seus nutrientes na forma totalmente solúvel em água, tendo as especificações e garantias mínimas estabelecidas nos parágrafos seguintes.

§ 1º As garantias para os macronutrientes primários, secundários, micronutrientes e carbono orgânico serão aquelas informadas pelo fabricante ou importador.

§ 2º Para os produtos a que se refere o caput deste artigo, deverão ser declaradas também as seguintes informações:

I - solubilidade do produto em água a 20°C (vinte graus Celsius), expressa em g/L (gramas por litro);

II - índice salino;

III - potencial hidrogeniônico (pH) na maior relação soluto/ solvente recomendada pelo fabricante para a sua aplicação;

IV - condutividade elétrica, expressa em mS/cm (miliSiemens por centímetro), na maior relação soluto/solvente recomendada pelo fabricante para a sua aplicação.

Seção IX

Fertilizante Para Aplicação Via Semente

Art. 13. Para os produtos destinados à aplicação via semente, as garantias para os micronutrientes serão aquelas informadas pelo fabricante ou importador.

§ 1º Para os produtos mencionados no caput deste artigo, deverão ser declarados índice salino e condutividade elétrica, esta expressa em mS/cm (miliSiemens por centímetro).

§ 2º Os produtos para aplicação via semente somente serão registrados mediante apresentação de resultado de trabalho de pesquisa ou publicação de instituição de pesquisa oficial que contenha a recomendação de uso do(s) nutriente(s) em adubação via semente, bem como as dosagens e as culturas a que se destinam, devendo estes conter pelo menos um micronutriente.

CAPÍTULO IV

DAS TOLERÂNCIAS

Art. 14. Aos resultados analíticos obtidos, serão admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, observados os limites estabelecidos nos parágrafos seguintes.

§ 1º Para deficiência, os limites de tolerância não poderão ser superiores a:

I - com relação aos nutrientes garantidos ou declarados dos produtos:

a) em Nitrogênio (N), Pentóxido de Fósforo (P₂O₅), Óxido de Potássio (K₂O), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) até 15% (quinze por cento), quando o teor do elemento for igual ou inferior a 5% (cinco por cento); até 10% (dez por cento), quando o teor for superior a 5% (cinco por cento) até 40% (quarenta por cento), sem exceder a 1 (uma) unidade; até 1,5 (uma e meia) unidade, quando o teor do elemento for superior a 40%;

b) na somatória de NP, NK, PK ou NPK, até 5% (cinco por cento) sem exceder 2 (duas) unidades da garantia total do produto;

c) para os micronutrientes, até 20% (vinte por cento), quando o teor do elemento for igual ou inferior a 1% (um por cento); até 15% (quinze por cento), quando o teor do elemento for superior a 1% (um por cento) até 5% (cinco por cento); e até 10% (dez por cento), quando o teor do elemento for superior a 5% (cinco por cento).

II - com relação à natureza física do produto:

a) granulado: até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido retido na peneira de 1 (um) milímetro (ABNT nº 18) e até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido passante na peneira de 4 (quatro) milímetros (ABNT nº 5);

b) pó: até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido passante na peneira de 2 (dois) milímetros (ABNT nº 10);

c) farelado: até 5% (cinco por cento) para o percentual retido na peneira de 0,5 (meio) milímetro (ABNT nº 35) e até 5% (cinco por cento) para o percentual passante na peneira de 3,36 (três vírgula trinta e seis) milímetros (ABNT nº 6);

d) farelado grosso: até 5% (cinco por cento) para o percentual retido na peneira de 1,0 (um) milímetro (ABNT nº 18) e até 5% (cinco por cento) para o percentual passante na peneira de 4,8 (quatro vírgula oito) milímetros (ABNT nº 4);

III - com relação a outros componentes garantidos ou declarados do produto, até 20% (vinte por cento), quando os teores garantidos ou declarados do produto forem inferiores ou iguais a 2% (dois por cento) ou 2 (duas) unidades, e até 15% (quinze por cento) para os teores garantidos ou declarados superiores a 2% (dois por cento) ou 2 (duas) unidades.

§ 2º Para excesso, os limites de tolerância não poderão ser superiores a:

I - com relação aos nutrientes garantidos ou declarados dos produtos:

a) para os fertilizantes para aplicação via solo, até 3 (três) vezes o teor declarado para Boro (B), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn);

b) para os fertilizantes para fertirrigação, foliar, hidroponia e para semente, para macronutrientes e micronutrientes:

TEOR GARANTIDO/DECLARADO (%)	TOLERÂNCIA
até 0,5	0,1 + 150% do teor garantido/declarado
acima de 0,5 até 1	0,35 + 100% do teor garantido/declarado
acima de 1 até 10	1 + 25% do teor garantido/declarado
acima de 10	2 + 15% do teor garantido/declarado

CAPÍTULO V

DO REGISTRO DE PRODUTOS

Art. 15. Excetuados os casos previstos no [Decreto nº 4.954, de 2004](#), e na [Instrução Normativa nº 10, de 6 de maio de 2004](#), os fertilizantes produzidos, importados, comercializados e utilizados no território nacional deverão ser registrados no órgão competente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Art. 16. Além do disposto na [Seção II, do Capítulo II, do Decreto nº 4.954, de 2004](#), na [Seção II, do Capítulo II, da Instrução Normativa Ministerial nº 10, de 2004](#), o registro de produto fertilizante ou autorização para sua importação e comercialização serão concedidos em observância aos parágrafos seguintes.

§ 1º Para os fertilizantes orgânicos simples, o registro será concedido de acordo com o estabelecido no art. 7º deste Anexo, observando ainda o seguinte:

I - sem prejuízo do disposto no [art. 18](#) do regulamento aprovado pelo [Decreto nº 4.954, de 2004](#), os fertilizantes orgânicos simples que tenham sofrido processo de industrialização ou beneficiamento por meio de secagem, moagem, peneiramento, separação de componentes indesejáveis e granulação, com fins comerciais para uso na agricultura, deverão ser registrados;

II - para os fins de aplicação do disposto no inciso I deste parágrafo, entende-se por processo de industrialização dos fertilizantes orgânicos simples o conjunto de todas as etapas de produção indispensáveis à modificação das características físico-químicas ou biológicas do produto comparativamente ao material de origem.

§ 2º Para os fertilizantes orgânicos misto, composto e organomineral, o registro será concedido de acordo com os arts. 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, 9º e 10 deste Anexo, conforme cada caso, devendo, no requerimento de registro, ser informados:

a) as matérias-primas e, se for o caso, os aditivos;

b) a composição do produto em partes por mil, excetuados os fertilizantes orgânicos compostos.

§ 3º Para os biofertilizantes, além do disposto no art. 11 deste Anexo e em conformidade com o disposto no [art. 15](#), do regulamento aprovado pelo [Decreto nº 4.954, de 2004](#), deverá ser apresentada recomendação da pesquisa oficial brasileira ou relatório técnico-científico conclusivo, que demonstre que a eficiência agrônômica do produto se deve à ação do princípio ativo ou agente orgânico contido no biofertilizante.

§ 4º Para os fertilizantes para cultivo hidropônico, o registro será concedido com base nas garantias oferecidas pelo requerente, respeitado o disposto no art. 12 deste Anexo, devendo, no requerimento de registro, ser informada a composição do produto em partes por mil.

§ 5º Para os fertilizantes para aplicação via semente, o registro será concedido com base nas garantias oferecidas pelo requerente, respeitado o disposto no art. 13 deste Anexo, devendo, no requerimento de registro, ser informada a composição do produto em partes por mil.

§ 6º Para os fertilizantes em solução para pronto uso, sob forma de "sprays pressurizados" para aplicação foliar ou cultivo em vaso, o registro será concedido com base nas garantias oferecidas pelo requerente, respeitado o disposto no art. 10 deste Anexo, devendo, no requerimento de registro, ser apresentado o rótulo do produto, com as instruções de uso e culturas que atendem, além das demais exigências previstas no regulamento do [Decreto nº 4.954, de 2004](#), podendo estes produtos apresentarem garantias de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes inferiores às garantias mínimas estabelecidas para os demais fertilizantes orgânicos.

§ 7º Para o registro dos produtos das classes B, C e D, deverá ser informada:

I - a origem das matérias-primas e sua caracterização em relação aos nutrientes, carbono orgânico, assim como informações sobre a presença e os teores de elementos potencialmente tóxicos, agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas ou outros contaminantes;

II - para as matérias-primas de origem agroindustrial, industrial ou urbana, utilizadas para fabricação de fertilizantes orgânicos das Classes B, C e D, descritas no art. 2º deste Anexo, deverá ser apresentada licença ambiental de operação do estabelecimento aprovando o uso destes materiais, ou manifestação do órgão de meio ambiente competente, sobre a adequação de seu uso na agricultura, sob o ponto de vista ambiental.

§ 8º Para os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais:

I - poderão ser declarados outros componentes do produto, desde que possam ser medidos quantitativamente, seja indicada a metodologia de determinação e garantida(s) a(s) quantidade(s) declarada(s);

II - para os casos previstos no inciso I, deste parágrafo, o registro de produto só será concedido após parecer conclusivo da área técnica competente do MAPA sobre a viabilidade de aplicação da metodologia analítica apresentada pelo interessado.

§ 9º Poderão ser registrados fertilizantes orgânicos e biofertilizantes contendo novos aditivos ou quelatantes ou complexantes, que não estejam contemplados nos Anexos V e VI, desta Instrução Normativa, sendo que nestes casos o requerimento de registro deverá vir acompanhado dos necessários elementos informativos e técnicos que justifiquem o seu uso, para ser homologado pelo Órgão Central de Fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;

§ 10. A relação dos produtos e materiais relacionados no § 9º deste artigo deverá ser disponibilizada na página da internet do MAPA, www.agricultura.gov.br, para consulta e utilização pelos usuários.

CAPÍTULO VI

DA EMBALAGEM E ROTULAGEM DE PRODUTOS

Art. 17. Para serem vendidos ou expostos à venda em todo o território nacional, os fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, quando acondicionados ou embalados, ficam obrigados a exibir rótulos em embalagens apropriadas redigidos em português, que contenham, além das informações e dados obrigatórios relacionados à identificação do fabricante ou importador, ou de ambos, e do produto, estabelecidas na [Seção I, do Capítulo VI, do Decreto nº 4.954, de 2004](#), e no [Capítulo III, da Instrução Normativa nº 10, de 2004](#), entre outras exigências, as seguintes informações:

I - para os fertilizantes orgânicos simples:

- a) a indicação: "FERTILIZANTE ORGÂNICO SIMPLES" e sua respectiva classe conforme art. 2º deste Anexo; e
- b) o nome do fertilizante orgânico simples, tal como consta do Anexo II, podendo ser indicado entre parênteses o nome específico do material;

II - para os fertilizantes orgânicos mistos, compostos e organominerais:

- a) a indicação: "FERTILIZANTE ORGÂNICO MISTO, COMPOSTO ou ORGANOMINERAL", conforme o caso e sua respectiva classe, conforme art. 2º deste Anexo;
- b) as matérias-primas componentes do produto; e
- c) quando utilizado aditivo, o nome deste de acordo com o Anexo VI.

III - para os biofertilizantes:

- a) a indicação: "BIOFERTILIZANTE";
- b) o(s) princípio(s) ativo(s) ou agente(s) orgânico(s);
- c) as matérias-primas componentes do produto; e
- d) quando utilizado aditivo, o nome deste de acordo com o Anexo VI.

IV - para os fertilizantes foliares, para fertirrigação, cultivo hidropônico e aplicação via sementes:

- a) além do disposto na alínea "a", dos incisos I, II e III, deste artigo, a indicação do nome do produto deve ser seguida por: "FOLIAR", "PARA FERTIRRIGAÇÃO", "PARA CULTIVO HIDROPÔNICO" ou "PARA APLICAÇÃO VIA SEMENTE", conforme a classificação do produto;
- b) as matérias-primas componentes do produto;
- c) quando utilizado aditivo, o nome deste de acordo com o Anexo VI;
- d) culturas indicadas, no caso dos fertilizantes para aplicação via semente e para cultivo hidropônico; e
- e) outras indicações estabelecidas nos arts. 9º, 10, 12 e 13, deste Anexo, conforme o caso;

V - para os fertilizantes em solução para pronto uso:

- a) além do disposto na alínea "a", dos incisos I, II e III, deste artigo, a indicação do nome do produto deve ser seguida por: "FOLIAR PARA PRONTO USO" ou "EM SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA HIDROPONIA", conforme o caso;
- b) as matérias-primas componentes do produto;
- c) quando utilizado aditivo, o nome deste de acordo com o Anexo VI; e
- d) informações sobre armazenamento, limitações de uso e instruções de uso para as culturas indicadas.

§ 1º Para os fertilizantes orgânicos foliares, para fertirrigação e biofertilizantes deverão ser informadas:

- I - as instruções sobre a relação de diluição em água para aplicação no campo, especificações de dosagens e culturas indicadas ou recomendação para consultar profissional habilitado;

II - a solubilidade do produto (maior relação entre soluto e solvente).

§ 2º Somente poderão constar do rótulo do produto informações sobre a compatibilidade para uso em misturas com agrotóxicos e afins, quando houver recomendação formal por parte dos fabricantes destes, observado o que a legislação específica dispuser.

§ 3º Fica facultada a inscrição, nos rótulos, de dados não estabelecidos como obrigatórios, desde que:

I - não dificultem a visibilidade e a compreensão dos dados obrigatórios; e

II - não contenham:

a) afirmações ou imagens que possam induzir o usuário a erro quanto à natureza, composição, segurança e eficácia do produto, e sua adequação ao uso;

b) comparações falsas ou equivocadas com outros produtos;

c) indicações que contradizem as informações obrigatórias;

e d) afirmações de que o produto é recomendado por qualquer órgão do Governo.

§ 4º Quando, mediante aprovação do órgão de fiscalização competente, for juntado folheto complementar que amplie os dados do rótulo, ou que contenha dados que obrigatoriamente deste devessem constar, mas que nele não couberam, pelas dimensões reduzidas da embalagem ou volume de informações, observar-se-á o seguinte:

I - deve-se incluir, no rótulo, frase que recomende a leitura do folheto anexo antes da utilização do produto; e

II - em qualquer hipótese, o nome, o endereço, o número de registro no MAPA do fabricante ou do importador e o número de registro do produto e suas garantias devem constar tanto do rótulo como do folheto.

§ 5º Quando o produto, em condições normais de uso, representar algum risco à saúde humana ou ao ambiente, o rótulo deverá trazer informações sobre precauções de uso e armazenagem, com as advertências e cuidados necessários.

§ 6º Para os fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, o rótulo deverá trazer as restrições e recomendações de uso que forem indicadas no processo de registro do produto, conforme fundamentação técnica definida pelos órgãos competentes.

§ 7º Sem prejuízo do disposto no § 6º deste artigo, para os fertilizantes orgânicos da Classe D, deverão também ser observadas as restrições de uso de acordo com o Anexo IV, desta Instrução Normativa.

§ 8º Para os fertilizantes que contenham em sua composição resíduos de origem animal e da criação de animais (cama de aves ou de suídeos, esterco de aves ou de suídeos), o rótulo deverá conter no painel principal e em destaque as informações sobre recomendações e restrições de uso, quando for o caso, conforme indicação do Departamento de Saúde Animal do MAPA e do Anexo IV desta Instrução Normativa.

§ 9º Não se aplicam as recomendações de que trata o § 8º deste artigo no caso de fertilizantes que contenham exclusivamente um ou mais dos seguintes produtos de origem animal: leite e produtos lácteos; farinha de ossos calcinados (sem proteína e gorduras); gelatina e colágeno preparados exclusivamente a partir de couros e peles; conteúdo gástrico de ruminantes; e resíduos da criação de animais (camas de herbívoros).

§ 10. Quando o fertilizante for complexado ou quelatado, em conformidade com os incisos XII e XIII do art. 1º deste Anexo, é obrigatório declarar no rótulo a percentagem e o nome da substância quelante ou complexante, conforme o seguinte exemplo: "CONTÉM 5% DE AGENTE QUELANTE EDTA" ou "CONTÉM 5% DE AGENTE COMPLEXANTE ÁCIDO CÍTRICO".

§ 11. A embalagem de produtos fabricados à base de fosfito deverá mencionar, em destaque, as palavras "FOSFITO DE... (nome do nutriente)" e, nas misturas que o contenham, esta expressão antecedida da palavra "CONTÉM...".

§ 12. Fica vedada a divulgação de informações de efeitos fitossanitários dos produtos de que trata esta Instrução Normativa, salvo os casos em que estes também estejam registrados de acordo com o disposto na [Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989](#).

§ 13. Quando o produto contiver mistura em qualquer proporção de ácido fosforoso (fosfitos) com ácido fosfórico, fica obrigatória a declaração do percentual de cada uma das fontes de P₂O₅ participantes da formulação do produto.

§ 14. Os micronutrientes contidos nos produtos deverão ser indicados na embalagem, rótulo ou etiqueta de identificação do produto por ordem alfabética do respectivo símbolo químico do nutriente.

§ 15. Para aqueles produtos que tenham indicação de mais de um modo de aplicação, devem ser informados os modos de aplicação recomendados, devendo ser observadas as exigências específicas para cada um.

CAPÍTULO VII

DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 18. Os fertilizantes orgânicos das classes "C" e "D", descritas no art 2º deste Anexo, somente poderão ser comercializados para consumidores finais, mediante recomendação técnica firmada por engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal, respeitada a área de competência.

§ 1º A recomendação de que trata o caput deste artigo poderá ser impressa na embalagem, rótulo, folheto ou outro documento que a acompanhe, desde que conste a identificação do responsável técnico e seu registro no conselho de classe.

§ 2º Os estabelecimentos que produzam os produtos mencionados no caput deste artigo deverão manter o controle da destinação destes produtos à disposição da fiscalização pelo prazo mínimo de 180 (cento e oitenta) dias.

Art. 19. Os fertilizantes orgânicos das classes "A" e "B", descritas no art 2º deste Anexo, que utilizem esterco suíno como matéria-prima ou outros subprodutos pecuários que apresentem restrição de uso, somente poderão ser comercializados mediante recomendação técnica firmada por engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal, respeitada a área de competência.

Parágrafo único. A recomendação de que trata o caput deste artigo poderá ser impressa na embalagem, rótulo, folheto ou outro documento que a acompanhe, desde que conste a identificação do responsável técnico e seu registro no conselho de classe.

Art. 20. Sem prejuízo do disposto no [art. 6º da Instrução Normativa Ministerial nº 10, de 2004](#), o estabelecimento que produza fertilizantes orgânicos de classe "A" fica impedido de usar matérias-primas previstas para a produção de fertilizantes orgânicos de Classes "B", "C" e "D", caso não apresente no requerimento de registro de estabelecimento, ou na sua renovação ou atualização, o seguinte:

I - instalação para armazenagem de matérias-primas em áreas individualizadas de forma que não permita mistura ou contaminação das matérias-primas utilizadas para o produto Classe "A", tendo cada área identificação clara dos subprodutos;

II - linhas de produção e embalagem separadas, ou que contenham previsão de desinfecção das máquinas e equipamentos quando houver produção dos fertilizantes orgânicos das classes "B", "C" e "D";

III - existência de equipamentos de movimentação das matérias primas e produtos exclusivos para os fertilizantes orgânicos da classe "A"; e

IV - previsão de sistema de controle de entrada de matérias-primas e de saída de produtos acabados, com manutenção da documentação à disposição da fiscalização, pelo prazo mínimo de 180 (cento e oitenta) dias.

Art. 21. Fica vedada a utilização de serragem ou maravalha contaminadas com resíduos de produtos químicos para tratamento de madeira como matéria-prima para produção dos fertilizantes de que trata esta Instrução Normativa.

Art. 22. Os produtos que apresentem matéria orgânica em sua composição, cujos valores de carbono orgânico não atendam aos mínimos estabelecidos nesta Instrução Normativa, poderão ser registrados como fertilizantes minerais, atendendo as especificações e normas estabelecidas para estes produtos, sendo obrigatória a declaração do teor de carbono orgânico.

Art. 23. Fica vedada a comercialização e propaganda de fertilizante que contenha indicação de uso diferente do modo de aplicação constante do certificado de registro do produto.

Art. 24. Aos infratores da norma disciplinada nesta Instrução Normativa serão aplicadas as penalidades previstas no [Decreto nº 4.954, de 2004](#).

Art. 25. Os casos omissos e as dúvidas suscitadas na execução desta Instrução Normativa serão resolvidos pelo MAPA.

ANEXO II

ESPECIFICAÇÕES DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS SIMPLES *(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)

Orgânico simples processado	U% máx.	pH	*C org% mín.	N% mín.	*CTC mínimo	*CTC/C mínimo
Estercos e camas	40	Conforme Declarado ⁽¹⁾	20	1	Conforme Declarado ⁽¹⁾	Conforme Declarado ⁽¹⁾
Tortas vegetais	40		35	5		
Turfa	40		15	0,5		
Linhita	40		20	0,5		
Leonardita	40		25	0,5		
Vinhaça ⁽²⁾	-		3	-		
Parâmetros de referência para outros fertilizantes orgânicos simples	40		15	0,5		

(1) É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.

(2) Deverá ser declarado o teor de potássio.

ANEXO III

ESPECIFICAÇÕES DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS MISTOS E COMPOSTOS *(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)

Garantia	Misto/composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade (máx.)	50	50	50	70	50
N total (mín.)	0,5				
*Carbono orgânico (mín.)	15				10
*CTC ⁽¹⁾	Conforme declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0

Relação C/N (máx.)	20	14
*Relação CTC/C ⁽¹⁾	Conforme declarado	
Outros nutrientes	Conforme declarado	

(1) É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.

ANEXO IV

RESTRICÇÕES DE USO QUE DEVERÃO CONSTAR DA EMBALAGEM

Fertilizante orgânico	Restrição de uso
Classe "D"	Aplicação somente através de equipamentos mecanizados. Durante o manuseio e aplicação, deverão ser utilizados equipamentos de proteção individual (EPI). Uso proibido em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.
Composto de resíduos de origem animal e da criação de animais (cama de aves, esterco de aves ou de suínos)	Uso permitido em pastagens e capineiras apenas com incorporação ao solo. No caso de pastagens, permitir o pastoreio somente após 40 dias depois da incorporação do fertilizante ao solo. Uso proibido na alimentação de ruminantes, armazenar em local protegido do acesso desses animais.

ANEXO V

AGENTES QUELATANTES E COMPLEXANTES ORGÂNICOS AUTORIZADOS PARA FERTILIZANTES ORGÂNICOS E ORGANOMINERAIS

Ácidos Carboxílicos e seus sais	
Ácido Nitrilotriacético	N TA
Ácido Etilenodiaminotetraacético	E D TA
Ácido Hidroxietilenodiaminotriacético	HEDTA ou HEEDTA
Ácido Propilenodiaminotetraacético	P D TA
Ácido dietileno-triaminopentacético	D T PA
Ácido etileno-diamino-di (o-hidroxifenil)-acético	EDDHA
Ácido etileno-diamino-di (5-carboxi-2-hidroxifenil)-acético	EDDCHA
Ácido etildiamino-di (o-hidroxi p-metilfenil)-acético	EDDHMA
Ácido etileno-diamino -di (2-hidroxi 5-sulfofenilacético)	EDDHSA
Aminas e Poliaminas	
Etilenodiamina	En ou EDA
Dietilenotriamina	Dien ou DETA
Trietenotetramina	Trien ou TETA
Tetraetenopentamina	Tetren ou TEPA
Ácidos Hidroxi-carboxílicos	
Ácido Tartárico	At
Ácido Cítrico	Cit
Ácido Glucônico	Gluc
Acido Heptaglicônico	
Compostos Hidroxi-amina	

Monoetanolamina	MEA
Dietanolamina	DEA
Trietanolamina	TEA
N-hidroxi-etil-etenodiamina	Hen
N-dihidroxi-etilglicina	2-HxG
Polióis	
Sorbitol	
Manitol	
Dulcitol	
Compostos salicílicos	
Salicialdeído	
Ácido Salicílico	
Ácido 5-sulfossalicílico	
Acetilacetatos	
Trifluoroacetilacetona	Tfa
Tenoiltrifluoroacetona	TTA
Compostos de Ferro II	
Dipiridil	Dipi,bipi
o-fenantrolina	Phen
Compostos Oxine	
Oxine, 8-hidroxiquinolina	Q, ox
Ácido Oxinesulfônico	
Compostos naturais	
Ligno-sulfonatos	
Poliflavonóides	
Substâncias Húmicas	
Extratos de Algas	
Aminoácidos	
Extrato Pirolenhoso	

ANEXO VI

ADITIVOS AUTORIZADOS PARA USO EM FERTILIZANTES ORGÂNICOS ORGANOMINERAIS

ADITIVO	USO APROVADO	FUNÇÃO
Ácidos Carboxílicos e Hidroxi-carboxílicos	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Agentes corantes	Fertilizantes em geral	Rastreabilidade
Agentes acidificantes e alcalinizantes	Fertilizantes em geral	Ajuste de pH, estabilizante
Amiláceos	Fertilizantes em geral	Inerte com melhoria na granulação e resistência mecânica
Aminas e Poliaminas	Fertilizantes em geral	Recobrimento. Estabilidade química
Antiempedranes	Fertilizantes sólidos concentração máxima admitida	Antiempedranes e secante

	no fertilizante de 5% da massa	
Ceras	Fertilizantes sólidos	Recobrimento.
Compostos Salicólicos	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Espessante Tixotrópico	Fertilizantes em geral	Agente suspensor. Melhoria da mistura e da granulação
Óleos	Em fertilizantes granulados.	Redução de pó
Polímeros Vegetais	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Sacarídeos	Fertilizantes em geral	Aumento da absorção ativa de nutrientes, espessante e adesivo
Polióis	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Acetilacetatos	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Compostos específicos de Ferro II	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Compostos Oxine	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Compostos naturais - Aminoácidos, Substâncias húmicas, Extrato pirolenhoso ou Extrato de algas	Fertilizantes em geral	Estabilizante
Traçadores	Fertilizantes em geral	Rastreabilidade
Tensoativos/Surfactantes	Fertilizantes em geral - concentração máxima admitida no fertilizante - 5% da massa	Dispersante - diminui a tensão superficial melhorando a distribuição nas folhas

D.O.U., 28/07/2009 - Seção 1